Zur Geschichte der Wurzelforschung mit besonderer Berücksichtigung der Aktivitäten in Österrreich

F. SPETA

Abstract:

An attempt has been undertaken to give a first short view of the history of root research. For better understanding the contents have been grouped in the following way:

Root research within the scope of drug research (medicine and merchandise knowledge), within traditional botanical research (anatomy, histology, morphology) within physiology and within agriculture and forestry including ecological studies.

After comparing the lexical knowledge of 1750 with today the two famous roots mandrake and ginseng are presented. Special attention is dedicated to the brilliant first scientific publications about roots of MALPIGHI and GREW. The original text including a translation is documented.

Life and work of people involved in root research are presented drawing special emphasis on activities in Austria.

All botanists dealt with biographically are listed in an appendix which includes the sources used in brackets. Comprehensive literature sources beyond records on root research are listed for IRMISCH, KUTSCHERA, LICHTENEGGER, LUHAN, PREISS, SOBOTIK and WEAVER.

1. Einleitung

Die Wurzeln, meist tief in undurchsichtiger Erde versteckt, haben zwar schon seit langem das wissenschaftliche Interesse geweckt, doch wäre es niemandem eingefallen, sie bis zur letzten Verzweigung, bis zu ihren zarten Spitzen hin aus dem Boden zu holen. Wurzel war lange Zeit alles einigermaßen Kräftige, das unter der Erde Liegende einer Pflanze, d. h. Wurzelstock, Rhizome, Zwiebeln, Pfahlwurzeln. Das feinere Wurzelwerk nannte man Fasern und Zasern, und weil es zu nichts nutz war, blieb es lange Zeit gänzlich unbeachtet. Der Arzt Balthasar PREISS, der 1806 und 1823 zwei ausschließlich den Wurzeln gewidmete Bücher herausgab, lag noch ganz auf dieser Linie. Alle, die sich mit Drogen beschäftigen, haben sie eigentlich bis heute nicht verlassen. Aber auch in der Systematik ist es nach wie vor nicht üblich, eine Beschreibung der eigentlichen Wurzeln zu geben. Ja, es würde gewiß als arge Zumutung empfunden, den Herbarbelegen aussagekräftige Teile des Wurzelsystems beigeben zu müssen.

Wie die Wurzeln aber allmählich doch bis zu den Spitzen hin bekannt wurden, ist gewiß spannend, nachvollzogen zu werden. Natürlich kann in diesem Rahmen nicht auf jede Einzelpublikation eingegangen werden. Nicht einmal jede Facette der weitgespannten Wurzelforschung wird Berücksichtigung finden. Da Leben und

Werk der Forscher ein untrennbares Ganzes bilden, ist den Biographien viel Raum gewidmet.

Zusammenfassende Werke über Wurzeln sind in etlichen Sparten bereits erschienen. So der 5. Band im „Handbuch der Drogenkunde" (BERGER 1960), die Bände über Anatomie und Histologie im Handbuch der Pflanzenanatomie (GUTTENBERG 1940, 1941, 1960, 1961, 1965, 1968), der Wurzelband in der „Vergleichenden Morphologie der höheren Pflanzen" von TROLL (1941/42) und nicht zuletzt die bis jetzt erschienenen 5 Bände des Wurzelatlas von KUTSCHERA und Mitarbeitern, die ausgehend von landwirtschaftlich nutzbaren Arten die Morphologie, Anatomie und Ökologie der Wurzeln darstellen. Auch in anderen Erdteilen fanden die Wurzeln wissenschaftliche Beachtung. So haben sich PATE & DIXON (1982) mit der Aufdeckung unterirdischer Pflanzenteile in Australien beschäftigt; SHIMIZU & UMEBAYASHI (1995) haben genaue Beschreibungen unterirdischer Pflanzenteile japanischer Arten mit meisterhaften Darstellungen geliefert.

Für die Forstwirtschaft steht mit KÖSTLER & al. (1968) ein gewichtiger Band zur Verfügung. Über die Funktion der Wurzeln im Boden haben RUSSEL (1977) und ATKINSON (1991) Bücher verfaßt.

In den letzten Jahren sind weiters etliche voluminöse Tagungsbände herausgegeben worden, die kleine und kleinste Beiträge zur Wurzelkunde enthalten (WAISEL et al. 1996, u.s.w.).

Es war nicht möglich, dies alles nur annähernd erschöpfend zu behandeln. Wir haben daher - als Ausweg und Einschränkung - die Wurzelforschung in Österreich in den Mittelpunkt gestellt. Über das ausführliche Literaturverzeichnis am Schluß des Beitrages kann jederzeit auch Zugang zu den weltweiten Publikationen und diversen Forschungsrichtungen gefunden werden, die mit Wurzeln zu tun haben. Noch ausführlichere Literaturverzeichnisse sind in den oben genannten Werken enthalten und für die Anatomie und Morphologie hat MILLER (1974) eine umfangreiche Zusammenstellung verfaßt. Wenn nachfolgender Beitrag Anregung zur Beschäftigung mit Wurzeln und erste Hilfe beim Betreten von Neuland sein könnte, wäre der Zweck erfüllt.

2. Wurzeln einst - Wurzeln heute

Unser Bild von der Wurzel hat im Verlaufe der Zeit eine Veränderung erfahren. Erst nach und nach hat sich das Wissen vermehrt und es ist uns nicht immer bewußt, daß der Fortschritt in unserer Erkenntnis und die Vermehrung des Wissens mühsames Forschen vieler Generationen von Wissenschaftern erfordert.

Ziehen wir Lexika zu Rate, so wird uns die Diskrepanz erst richtig bewußt, vor allem, wenn eine längere Zeitspanne zwischen den Erscheinungsjahren liegt.

ZEDLER's „Großes vollständiges Universal-Lexicon" enthält im 60. Band, der 1749 erschienen ist, die Wurzel auf Spalte 219 und definiert sie wie folgt: „Die Wurtzel ist der unterste Teil eines Gewächses, der in der Erde stehet, oder unter der Erde fortwächset, (gleichwie das übrige des Gewächses über der Erde), und aus derselben den Nahrungs-Safft an sich ziehet, welcher von ihr hernach dem gantzen Gewächse mitgetheilet wird."

Dann werden die Teile der Wurzel genannt: „Die Wurtzel bestehet aus drey Haupt-Theilen, der Rinde, dem holtzigen Wesen, und dem Marcke, ...", von ihrem Nutzen berichtet und dann die Gestalt der Wurzeln beschrieben:

„Die Gestalt der Wurtzeln zeiget von der Weisheit ihres Schöpffers. Sie sind gröstentheils oben breit und rund, und unten mehr zugespitzet, damit der Ober-Theil von ihnen mehr Nahrung erhalten und solche in den Stamm und andern Theile der Pflantzen austheilen, der untere Theil aber wegen seiner Spitze desto leichter in die Erde und andere Cörper um sich, hereindringen möge. Die meisten Gattungen der Küchen-Gewächse, Blumen und Kräuter treiben ihre Wurtzeln nach einer seiterechten Linie unter sich; Andere aber auf die Seite, als Engelsüsse, Sigillum Salomonis, Salomons-Schmincke, u. s. w. Um Tranquebar in Malabarien soll in denen stehenden Wassern und Pfützen ein Kraut wachsen, doch ohne Blume, welches seine kurtzen Würtzelgen nur oberwerts in Wasser, nicht aber in der Erde hat."

Es wird beschrieben wie die Wurzeln wachsen, wie sie an ihrem Wachstum gehindert werden, wie das Wasser in die Wurzeln kommt, ob bei allen Gewächsen Wurzeln anzutreffen sind, die verschiedenen Arten Wurzeln an einer Pflanze:

„Bey den Bäumen, als welche vor andern eine grosse Last zu tragen haben, zeigen sich die Wurtzeln in besonderer Grösse und Stärcke, die von einander unterschieden, und daher auch verschiedene Benennungen erhalten. Die Spieß- oder Hertz-Wurtzel nennet man diejenige, so gerade unter sich in die Erde gehet; oder den verlängerten Wurtzel-Kern, der einem grossen Canal gleicht, in welchen viel andere kleine gehen, durch welchen jenen die gehörigen Säffte zugeführet werden. Hernach sind die Thau-Wurtzeln; welche ihren Nahmen davon erhalten, weil sie des Thaues geniessen, da sie nahe zu Tage und sehr seichte liegen, auch also liegen müssen, daferne anders die Bäume ihr recht Gedeyen haben sollen. Es ist eine besondere Vorsorge des gütigen Gottes, daß, wenn die Wurtzeln einiger Gewächse, die erwann nur bloß in hitzigen und trockenen Sande fortkommen, unfähig sind, ihnen die nöthige Feuchtigkeit zu verschaffen, solcher Mangel durch die Blätter ersetzt wird, so daß der Thau sich sehr starck an selbige anzuhängen pfleget. ROHRS Phyto-Theologia, p. 59.

Der Weinstock hat dreyerley Wurtzeln, nemlich eine gerade unter sich treibende, so die Pfeilwurtzel genennet wird; Thau- oder Tage-Wurtzeln, so zur Seite hinauf wachsen; und zwar so tief, als ungefehr der Thau eindringen kan; und die Wasserwurtzeln, welche zwar auch auf den Seiten, aber gantz oben an der Fläche des Erdreichs auswachsen." Über verschiedene Beschaffenheit der Wurzeln in verschiedenen Pflanzen ist zu lesen: „Aus dem allen erhellet, daß der grosse Beherrscher aller Dinge den Bau der Wurtzeln so eingerichtet habe, wie es die Beschaffenheit einer jeden Pflantze und die Verknüpffung mit den übrigen Umständen erfordern wollen. Da sie die aus ihnen heraus wachsenden Pflantzen befestigen müssen, damit sie nicht von einem jeden Winde umgeblasen oder von einer jeden Krafft die sich ihnen entgegen stellet, über den Hauffen geworfen werden; so ist auch ihr Grund nach dem Verhältniß ihrer Last geordnet. Ihre Krafft zu Leistung des Widerstandes vermehret sich bey ihnen auf zweyerley Weise: Da sie entweder tief wurtzeln, oder die Anzahl ihrer kleinen Würtzelgen dichte und bisweilen wie ein Klumpen in einander wachsen. Hätte Göttliche Allmacht den Grund der Bäume nicht so wohl verwahret, daß sie auf vielfache Weise in einander einschlügen; und sich gleichsam verknüpffeten, so würde das betrübte Schau-Spiel, welches den reissenden Sturm-Winden in den Gärten und Wäldern wahrgenommen wird, sehr öffters zu sehen seyn. Je mehr an den Pflanzen gelegen, je besser sind sie auch verwahret. Je höher und breiter die Bäume, je mehr wurtzeln sie um sich, weil sowohl die Stämme als Wurtzeln auf mancherley Weise zu Schaden kommen können. In den Antillischen Insuln wächst eine Gattung der Palmen-Bäume, die im Französischen Palmiste Franc genennet wird. Nach der Höhe ihrer Stämme hat sie zwar kleine Wurtzeln, sie sind aber hingegen so dichte und verwirret in einander geschlungen, daß sie ihnen zu einer genugsamen Stütze dienen. *Siehe Histoire naturelle & morale des* Isles d'Antillée, p. 79.

Die Wurtzeln der meisten Gewächse lauffen in der Erde herum, und breiten sich darinnen aus, weil sie nicht allenthalben diejenigen Theilgen antreffen, deren sie theils zur Ernährung, theils zur Befeuchtung ihrer Gewächse benöthiget. Bisweilen findet sich ein hartes und derbes Erdreich, in welchem weder Safft noch Krafft, manchmal auch wohl gar Felsen, die sie aufhalten, und also müssen sie theils einen weiten Umgang nehmen, theils auch ihre benachbarten Würtzelgen mit zur Hülffe ruffen. Es ist gewiß höchlich zu verwundern, wie einige Pflantzen aus harten Steinen, alten Mauren, dürren Baum-Rinden, ja so gar aus den Knochen der Menschen und Thiere Nahrung herhohlen, und in dieselbigen eindringen können, wie man an vielen Pflantzen insonderheit an der Mauer-Raute, dem Mauer-Pfeffer und den mancherley Gattungen des Mooses, bey denen der scharfsinnige Malpigh sehr zarte Würtzelgen entdecket, wahrnehmen kan."

Außerdem erfährt man etwas über den Nutzen der Wurzeln (sie führen den Pflanzen Nahrung zu, befestigen sie in der Erde, fertigen den Nahrungssaft, verwahren den Nahrungssaft für die Samen), über die Ähnlichkeit zwischen den Wurzeln und Ästen des Baumes und anderes mehr.

Es wird also bereits beachtlich viel mitgeteilt, vieles davon ist allerdings heute längst widerlegt oder überholt.

Die 19. Auflage des Brockhaus (1994) gibt dagegen kurz und bündig das Wissen unserer Zeit wieder:

Wurzel, 1) *Botanik*: Radix, neben Sproßachse und Blatt eines der drei Grundorgane der Sproßpflanzen, das der Verankerung im Boden, bei Haft-Wurzeln und Wurzel-Ranken auch dem Halt an Gegenständen sowie der Aufnahme von Wasser und darin gelöster Nährsalze dient. Charakteristisch für die Wurzel ist, daß sie keine Blätter (auch keine Niederblätter) ausbildet und nur ausnahmsweise (bei den Assimilations-Wurzeln) Chlorophyll enthält.

Arten der Bewurzelung (Radikation): Bei den Samenpflanzen durchbricht als erstes Organ die aus dem Wurzel-Pol des Embryos hervorgehende Keim-Wurzel die Samenschale, wächst positiv geotrop in den Erdboden und wird bei den Nacktsamern und zweikeimblättrigen Pflanzen zur Haupt-Wurzel (Primär-Wurzel, als alleiniger Träger des späteren Wurzel-Systems; Allorrhizie). Diese stirbt bei den meisten Einkeimblättrigen ab und wird durch sproßbürtige Wurzeln ersetzt (Homorrhizie). Die Haupt-Wurzel kann auch zu einer besonders langen, schwach verdickten Pfahl-Wurzel werden (z. B. beim Löwenzahn). Die Wurzel trägt an ihrer Spitze die sich ständig erneuernde Wurzel-Haube (Kalyptra; ein kappenförmiges Parenchymgewebe, das ständiger Neubildung unterliegt), die den unmittelbar dahinterliegenden Wurzel-Vegetationspunkt schützt. Die vom Vegetationspunkt nach rückwärts sich ausbildenden Zellen durchlaufen nacheinander die Streckungs- und Differenzierungszone, wobei zuerst die Wurzel-Haut (Rhizodermis) und mit ihr die 0,1-8 mm langen Wurzelhaare, dann die Exodermis als Abschlußgewebe der entstandenen primären Wurzel-Rinde entstehen. Die Seiten-Wurzeln gehen aus dem Perizykel (Perikambium) hervor, einer zunächst parenchymatischen Außenschicht des axialen Leitgewebestrangs (Zentralzylinder: mit bei der Wurzel radial angeordneten Leitbündeln), die dann zu einem sekundären Bildungsgewebe wird. Die Wurzeln der Nacktsamer und der ausdauernden Zweikeimblättrigen zeigt sekundäres Dickenwachstum, das von teilungsfähigen Zellen des Perizykles zu einem geschlossenen Kambium ergänzt wird. Bei der sekundär verdickten Wurzel wird die Exodermis durch ein Periderm (Kork) ersetzt.

Wasser- und Nährsalzaufnahme durch die Wurzel-Haare: Das osmotisch in die Wurzel-Haare eindringende Wasser bzw. die Ionen gelangen durch den zwischen der Wurzel-Haut und den Zellen des Zentralzylinders bestehenden, durch den Sog des Transpirationsstroms aufrechterhaltenen osmotischen Druckunterschied bis zur Endodermis, deren Zellen durch den Caspary-Streifen gegen ein unkontrolliertes Eindringen von Wasser und Ionen geschützt sind. Der Übertritt des Wassers und der Ionen in die Endodermis und von hier in das Xylem des Leitgewebes erfolgt teils durch Ionenaustauschmechanismen, teils wahrscheinlich auch aktiv unter Energieverbrauch.

Durch Abgabe bestimmter Stoffe ist die Wurzel am Aufschluß des Bodens beteiligt, z. B. durch Abgabe von Säuren (insbesondere Kohlensäure) und Komplexbildnern, die schwerlösliche Salze in wasserlösliche (pflanzenverfügbare) Form bringen. Auch die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Pflanzen (Allelopathie) wird mit solchen Wurzel-Ausscheidungen erklärt.

Wurzel-Metamorphosen sind Gestalt- und/oder Lageveränderungen von Wurzeln in Anpassung an bestimmte Aufgaben. Wurzeln können zu Speicherorganen (Speicher-Wurzeln in Form von Wurzel-Knollen und Rüben) umgebildet sein oder als sproßbürtige Luft-Wurzeln in Form von Stelz-Wurzeln, Haft-Wurzeln oder Wurzel-Ranken der oberirdischen Befestigung der Pflanze dienen. Bei manchen Sumpfpflanzen treten negativ geotrop wachsende Atem-Wurzeln, bei einigen epiphytischen Orchideen und Aronstabgewächsen grüne Assimilations-Wurzeln auf.

3. Zwei sehr bekannte Wurzeln: Mandragora und Ginseng

Aus der großen Zahl von Wurzeln, die als Heilmittel Verwendung fanden bzw. finden, sollen nur zwei herausgegriffen werden: die Alraune (*Mandragora officinarum*) aus dem Mittelmeerraum und der Ginseng (*Panax ginseng*) aus Ostasien. Ausgewählt wurden sie nicht nur wegen der Wirkstoffe, die sie enthalten, sondern vor allem wegen der magischen Kräfte, die ihnen schon von alters her zugeschrieben wurden. Ihre Gestalt, ihre Behandlung beim Ausgraben etc., deuten bereits auf eingehendere Beschäftigung mit Wurzeln in grauer Vorzeit hin.

Mandragora (Alraune) (Abb. 1) ist nah verwandt mit *Atropa* (Tollkirsche), weniger nah mit *Hyoscyamus* (Bilsenkraut) (HOARE & KNAPP 1997: 17). Diese drei Pflanzen waren im Mittelalter die Hauptlieferanten für Hexenmittel und -salben. Eine derartige Hexensalbe, die neben Tollkirsche, Bilsenkraut und Alraun das Fett eines totgeborenen Kindes enthielt, wurde zur Absorption in die Haut eingerieben oder in die Vagina eingeführt. Über den wohlbekannten Besenstiel der Hexen, der im magischen Brauchtum Europas eine große Rolle spielte, wurde schon 1324 berichtet, daß er mit Hexensalbe eingeschmiert wurde. Weiters wurde die Salbe in die Achselhöhle und in der Schamgegend eingerieben. Und auf ging es im Galopp über Stock und Stein!



Abb. 1: Herbarbeleg von *Mandragora autumnalis* BERTOL. aus Agia Fotia E Ierapetra auf Kreta, von F. GRIMS am 29.3.1988 gesammelt. Ein Teil der Wurzel längsgeschnitten.

Alle drei Gattungen enthalten Tropanalkaloide, hauptsächlich Atropin, Hyoscyamin und Scopolamin, in relativ hohen Konzentrationen. Diese Alkaloide sind äußerst giftig. Die halluzinogene Wirkung dürfte dem Scopolamin zuzuschreiben sein. Es erzeugt einen Rausch mit nachfolgender Betäubung, in der an der Grenze zwischen Bewußtsein und Schlaf Halluzinationen auftreten. Die betäubte Person erinnert sich später nicht an die Erlebnisse des Rausches, sie verliert jedes Realitätsgefühl und fällt in tiefen Schlaf.

Die Alraune verdankte ihre Berühmtheit bei Hexen und Magiern nicht nur ihrer stark betäubenden und halluzinogenen Wirkung, sondern auch der mehr oder weniger menschenähnlichen Form ihrer Wurzel. Es gibt wohl im europäisch-orientalischen Kulturkreis kein Zauberkraut, das sich im Aberglauben früherer Zeit eines solchen Ansehens erfreute wie die Alraunpflanze, die Mandragora. Eine ganze Flut von Schriften ist der Mandragora gewidmet. MARZELL (1963: 10-22) hat eine Übersicht daraus zusammengestellt.

Bereits in der Bibel (Genesis 30, 14 ff.) kommt eine Pflanze *dudaim* vor (LUTHER übersetzt das hebräische Wort mit „Liebesäpfel"). RUBEN fand sie auf dem Feld und brachte sie seiner Mutter Lea. Es sollte ein Fruchtbarkeitsmittel (Aphrodisiakum) sein. Ob dieses biblische *dudaim* wirklich die Mandragora ist, wie machmal behauptet wird, ist völlig ungewiß. Den alten Ägyptern muß die Mandragora bekannt gewesen sein. Auf dem Fragment einer Grabwand der XVIII. Dynastie (1550-1350 v. Chr.) fand man eine bildliche Darstellung der

Mandragorapflanze. Ob sie irgendwie in Zauberriten eine Rolle spielte, wissen wir nicht.

In der griechischen Antike begegnen wir der Mandragora als Zauberpflanze zuerst in der „Naturgeschichte der Gewächse" (IX, 8, 8) des THEOPHRAST (gest. 287 v. Chr.). Er berichtet:

„Den Mandragoras soll man dreimal mit einem Schwert umschreiben und ihn graben, indem man das Antlitz gegen Abend (Westen) wendet. Ein anderer aber soll [dabei] im Kreise umhertanzen und viel vom Liebeswerk [„perí aphrodisíōn" heißt es im griechischen Text] sprechen."

Die letzte Bemerkung weist darauf hin, daß die Pflanze als Aphrodisiakum dienen sollte, was eine gewisse Parallele mit dem *dudaim* der Bibel gibt. THEOPHRAST ist aber immerhin so aufgeklärt, daß er den ganzen Hokuspokus beim Ausgraben der Pflanze für einen Schwindel der Rhizotomen (Wurzelgräber) hält.

Etwa 300 Jahre vergehen, bis der Alraunzauber wieder im Schrifttum auftaucht, aber nicht unter dem Namen der Mandragora. Vielmehr ist jetzt von einer Pflanze „*Baara*" die Rede. Der Geschichtsschreiber FLAVIUS JOSEPHUS (37-93 n. Chr.) berichtet in seiner „Geschichte des jüdischen Kriegs" (VII, 6, 3):

„Das Tal, welches die Stadt Machärus (in Palästina, östlich des Toten Meeres) auf der Nordseite einschließt, heißt Baara und erzeugt eine wunderbare Wurzel gleichen Namens. Sie ist flammend rot und wirft des Abends rote Strahlen aus; sie auszureißen ist sehr schwer, denn dem Nahenden entzieht sie sich und hält nur dann still, wenn man Harn und Blutfluß daraufgießt. Auch dann ist bei jeder Berührung der Tod gewiß, es trage denn einer die ganze Wurzel in der Hand davon. Doch bekommt man sie auf andere Weise, und zwar so. Man umgräbt sie rings so, daß nur noch ein kleiner Rest der Wurzel unsichtbar ist. Dann bindet man einen Hund daran und wenn dieser dem Anbinder schnell folgen will, so reißt er die Wurzel aus, stirbt aber auf der Stelle als ein stellvertretendes Opfer dessen, der die Pflanze nehmen will. Hat man sie einmal, so ist keine Gefahr mehr. Man gibt sich aber so viel Mühe um sie wegen folgender Eigenschaften: Die Dämonen, d. h. böse Geister schlechter Menschen, welche in die Lebenden hineinfahren und sie töten, wenn nicht schnell Hilfe gebracht wird, werden von dieser Pflanze ausgetrieben, sobald man sie dem Kranken auch nur nahebringt".

Einige Jahrzehnte später erscheint die gleiche Fabel, aber in etwas veränderter Form und ausführlich in der griechisch geschriebenen „Tiergeschichte" (XIV, 27) des CLAUDIUS AELIANUS. Aber jetzt heißt das Zauberkraut *kynospastos* („die vom Hund Herausgezogene") oder *aglaophotis* („die glänzend Leuchtende"):

„Es gibt eine Pflanze kynospastos. Sie wird auch aglaophotis genannt. Am Tage verbirgt sie sich unter den anderen (Pflanzen) und fällt durchaus nicht in die Augen. Zur Nachtzeit aber zeichnet sie sich aus und strahlt wie ein Stern, denn sie ist leuchtend, gleich dem Feuer. Die Leute stecken deshalb ein Zeichen an der Wurzel ein und entfernen sich; denn wenn sie dies zu tun versäumen, können sie sich am Tage weder der Farbe erinnern noch der Gestalt. Wenn aber die Nacht vorüber ist und sie das zurückgelassene Zeichen sehen und erkennen, so können sie daraus abnehmen, daß es eben das ist, dessen sie bedürfen, da es außerdem den daneben stehenden Pflanzen gleich ist und sich nicht im geringsten von ihnen unterscheidet. Doch werden sie dieses Gewächs nicht selbst ausziehen, denn das würde ihnen durchaus nicht wohl bekommen. Daher umgräbt es niemand und zieht es heraus, denn wie man sagt, ist der, welcher es aus Unkenntnis seiner Natur berührt hat, nicht lange darauf gestorben. Man führt also einen jungen und kräftigen Hund, der einige Tage kein Futter bekommen und heftigen Hunger hat, hinzu, bindet ihn an einen starken Strick in so weiter Entfernung als möglich und legt im unteren Stamm der aglaophotis eine schwer zu lösende Schlinge, setzt dann dem Hunde eine reichliche Mahlzeit gebratenen Fleisches vor, dampfend vor Wohlgeruch. Der Hund vom Hunger gequält und von dem guten Geruch zu dem vorliegenden Fleisch gewaltsam fortgezogen, zieht die Pflanze samt der

Wurzel aus. Wenn aber die Sonne die Wurzel erblickt, so stirbt der Hund augenblicklich. Man begräbt ihn an derselben Stelle und erst nach Verrichtung einiger geheimnisvoller Gebräuche, indem sie den Leichnam des Hundes ehren, weil er für sie gestorben ist, wagen sie das Gewächs zu berühren und tragen es nach Hause. Sie brauchen es, sagt man, zu vielen und nützlichen Dingen, und unter diesen soll es die an der Fallsucht Leidenden heilen sowie auch die Krankheit der Augen, wenn diesen durch Ergießung der Feuchtigkeit die Sehkraft entzogen wird".

Von jetzt an begegnet uns die Geschichte vom Alraungraben mit Hilfe des Hundes immer wieder. In mittelalterlichen medizinischen Handschriften finden sich nicht selten bildliche Darstellungen dieses Vorganges.

Im deutschen Volksglauben taucht dann später die Sage auf, der Alraun wachse unter dem Galgen aus dem Harn oder dem letzten Samen eines gehängten Diebes, daher nannte man ihn „Galgenmännlein". Beim Ausgraben schreit der Alraun so entsetzlich, daß der Ausgräber, an dessen Ohr dieser Schrei dringt, sterben muß. Um den Alraun zu bekommen, muß man an einem Freitag vor Sonnenaufgang, nachdem man die Ohren mit Baumwolle, Pech oder Wachs verstopft hat, mit einem schwarzen Hund hinausgehen, drei Kreuze über den Alraun machen und den Hund mit dem Schwanz an die Wurzel des Alrauns binden. Dann hält man dem Hund ein Stück Fleisch vor und läuft eiligst davon. Der Hund, gierig nach dem Bissen, schnappt danach und zieht so die Wurzel heraus, fällt aber auf den Schrei des Alrauns hin tot zu Boden. Der Alchimist und Astrologe Leonhard THURNEYSSER reimt in seinen „Archidoxa" (1575): „Der grabt Alrauna undrem Gricht, Loufft weck, das ers hört schreien nicht". Mit dem „Gricht" ist das Hochgericht (Richtstätte), der Galgen, gemeint. Noch im Jahre 1820 erzählte man sich, ein Mann habe mit Hilfe eines schwarzen Hundes unter dem Hochgericht auf dem Leineberg bei Göttingen ein "Alruneken" gegraben. Der Alraun sollte seinem Besitzer Glück und Reichtum verschaffen. Eine Wiener volkstümliche Redensart sagt von einem, der immer Glück im Spiel hat: „der muß ein Oraunel im Sack (d. h. in der Tasche) haben". Dann galt der

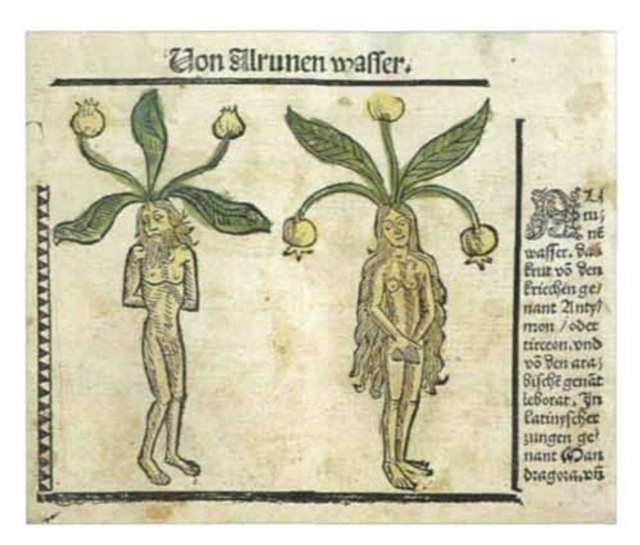


Abb. 2: Alraun-Mann und Alraun-Frau aus dem Destillierbuch des H. BRUNSWYG, 1500.

Alraun auch als ein unfehlbares Mittel, um die Liebe des anderen Geschlechtes zu gewinnen, und selbst heute noch dient in Kleinasien die Mandragorawurzel als ein sicheres Aphrodisiakum, wie schon vor mehr als 2000 Jahren im Bericht des THEOPHRAST.

Im Mittelalter genoß der etwa im 4. nachchristlichen Jahrhundert entstandene Herbarius (Kräuterbuch) des PSEUDO-APULEIUS wegen seiner Heilkräuterrezepte hohes Ansehen bei den Ärzten. Dieser Herbarius wurde immer wieder abgeschrieben und viele dieser mittelalterlichen Abschriften haben sich erhalten. In keiner Handschrift fehlt die Mandragora, dargestellt als ein Zwischending zwischen Mensch und Pflanze. Immer ist dabei der Hund abgebildet, der ja in der Fabel vom Alraungraben eine so große Rolle spielt. Auch die verschiedenen Ausgaben des „Gart der Gesundheit" (Hortus Sanitatis), wie sie als erste gedruckte Kräuterbücher im letzten Viertel des 15. Jahrhunderts erschienen, bringen Alraunbilder, jedoch fehlt hier der Hund der PSEUDO-APULEIUS-Handschriften. Diese alten Druckwerke, deren Holzschnitte oft noch recht roh und unbeholfen sind, unterscheiden einen Alraun-Mann und eine Alraun-Frau, bemerken aber, daß die beiden in ihrer medizinischen Wirkung gleich sind.

Die echten orientalischen Alraunfiguren waren aus der Wurzel der Mandragora geschnitzt; sie kamen durch Reisende nach Deutschland. Man kann sich denken, daß sol-

che echten Alraune bei ihrer Kostbarkeit oft gefälscht wurden. Besonders dienten für diese Fälschungen die Wurzel der bei uns heimischen Zaunrüben (*Bryonia dioica* und *B. alba*). Bereits vor mehr als 400 Jahren entrüstet sich der Arzt und Botaniker HIERONYMUS BOCK in seinem "Kreuterbuch" (Straßburg 1551) über diese Betrügereien:

„Was die Landstreicher und Thiriak- und Wurmkremer von Alraun und Mandragora / wie die schwerlich zu bekommen / und under dem Galgen mit sorglicher Mühe müß ausgegraben werden / schwetzen und liegen [lügen] hat man zwar vor langest auff den Märckten und Dorffkirchweihen von solchen Leuten gehört. Darneben auch gesehen wie sie geschnitzte Menlin [Männlein] und Weiblin feil hatten / welche Bildtnussen aus der Wurtzel Brionia geschnitten werden / und so dieselbigen Bildtnuß in einem heißen Sandt ein zeitlang verwart werden / verwelcken sie / überkommen also durch Kunst ein ander Gestalt / gleichsam sie also von Natur gewachsen weren / darmit werden die einfeltigen Menschen überredet / kaufen also gedörrte Brionia für Mandragora / und wiewohl gleicher Betriegerei die Welt voll / ist doch niemands, der solchs zu wenden gedenckt / sonder vielmehr / wer solche Kunst betriegen und übereilen kann / in der Welt berümpt / den schreibt man als ein weltklugen dapfferen Menschen oben an usw. Doch so sollen die armen einfeltigen Menschen wissen das vorgemeldte Biltnuß oder Alraun der Wurmkremer / nit Mandragora sonder eittel betriegerei ist".

Die "Wurmkremer", von denen hier die Rede ist, sind herumreisende Quacksalber, die auf den Märkten besonders Wurmmittel verkauften. Auch der große Arzt PARACELSUS (1493-1541), ein Zeitgenosse des Hieronymus Bock, spottet in seinem "Liber de imaginibus" (Buch der Trugbilder) über die Leichtgläubigen:

"Es möcht auch ein einfeltiger fragen, warumb die wurzel alraun eines menschen gestalt, angesicht, hent und füß hette, sie were on zweifel auch nicht one sonderliche große ursachen also von got erschaffen? dem geb ich zur antwort und sag, es sei nicht war, das alraun die wurzel menschen gestalt hab, sonder es ist ein betrogne arbeit und bescheißerei von den landfarern, die dan die leut mer denn mit disem alein bescheißen, dan es ist gar kein wurzel die menschen gestalt hat, sie werden dan also geschnizlet und geformirt .....".

Die Behörden hatten schon damals ein scharfes Auge auf die Alraunfälscher. So wurden im Dezember 1570 in Schaffhausen drei Landstreicher gehängt, weil sie falsche Schriften bei sich führten und Gelbe Rüben als Alraune verkauften. 1584 wurde in der Steiermark ein gewisser Christoph Soll dem „Landprofossen" angezeigt, weil er die Bauern betrog „mit gemachten Ruben, so er für Alraun verkauffet" und dabei viel Geld verdiente.

Den Gipfel ihres zweifelhaften Ruhmes scheint der Alraun im späten 16. Jahrhundert erreicht zu haben (SCHUL-

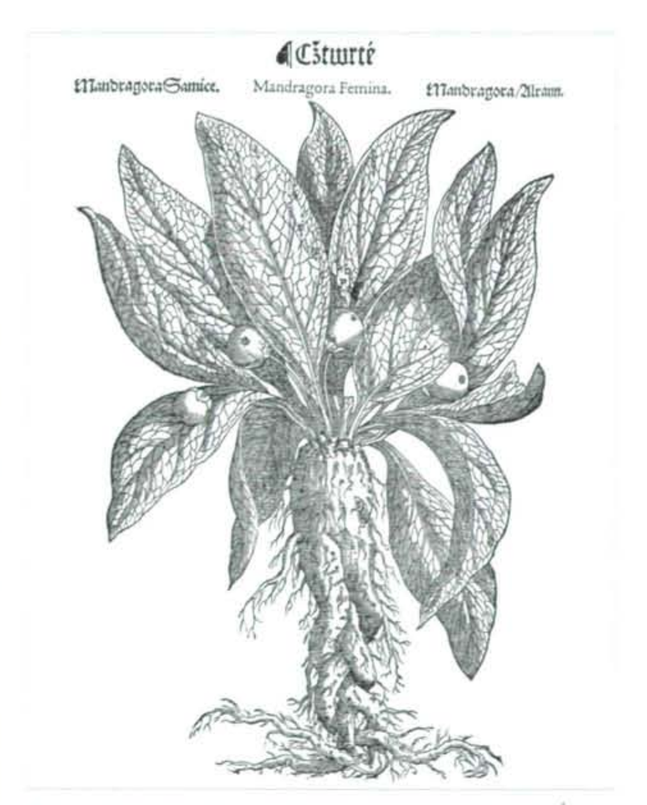


Abb. 3: Holzschnitt einer Alraune aus dem "Herbarz" von HÁJEK, das 1562 in Prag gedruckt wurde. Die Darstellung ist bereits sehr natürlich.

TES & HOFMANN 1987: 90). Zu diesem Zeitpunkt begannen die Kräutergelehrten manche der sich um diese Pflanze rankenden Geschichten anzuzweifeln. HAJEK, der das Kräuterbuch des MATTHIOLI mit großteils eigenen Beobachtungen 1562 in Prag unter dem Titel „Herbarz: ginak ..." veröffentlichte, bildete die Mandragora bereits sehr naturgetreu ab (Abb. 3). Im europäischen Volkstum lebten viele abergläubische Vorstellungen aber mindestens bis ins 19. Jahrhundert weiter!

Wer im Mittelmeerraum eine der beiden dort heimischen Arten *Mandragora officinarum* L. oder *M. autumnale* zu Gesicht bekommt, wird sie nur zu würdigen wissen, wenn er um ihre einstmalige Bedeutung weiß. Die gelben paradeiserähnlichen Früchte riechen zur Reife aromatisch, stinken aber überreif erbärmlich. Ihre Wurzel zu sehen, ist nicht einfach, da die Pflanzen oft in steinigem Gelände wachsen und der Boden meist hart wie Zement ist. Der heute häufige Einsatz von Schubraupen kann aber dem aufmerksamen Botaniker auch einmal eine weitgehend freigelegte Wurzel zugänglich machen (Abb.4). Eine naturgetreue Gesamtdarstellung des gesamten Wurzelkomplexes wurde meines Wissens bisher nicht gegeben.



Abb. 4: Frisch ausgegrabene Alraune am 29.3.1988 auf Kreta.

Mindestens ebensolange bekannt wie die Wurzel der Mandragora ist wohl die des **Ginseng**. KIRCHDORFER (1981) beschreibt in Romanform die faszinierende Geschichte dieser wohl bedeutendsten und bekanntesten Wurzeldroge: Auf der Suche nach einem Mittel, das Unsterblichkeit bewirke, kam die Wurzel Ginseng, was soviel wie Menschenwurzel bedeutet, aus Korea an den Hof des Kaisers Shi Huang Ti von China. Da in der chinesischen Medizin der Arzt traditionell die Gesundheit der Menschen erhalten sollte und erst in zweiter Linie die Krankheit zu bekämpfen hatte, kam einem Mittel wie Ginseng von Haus aus große Bedeutung zu. Wahre Wunderdinge wurden von ihm berichtet, sodaß eine intensive Besammlung einsetzte, die schon sehr früh die Art an den Rand der Ausrottung brachte. Das Ausgraben wurde schließlich zelebriert. Wenn der Sammler eine Ginsengpflanze gefunden hatte, kniete er nieder und betete. Er dankte Sam, dem Berggeist, und flehte den Ginseng an zu bleiben. Nicht eine Sekunde ließ er die Pflanze aus den Augen, denn er glaubte, sie könnte im Erdboden verschwinden, wenn es ihr gefiele. Floß in der Nähe des Fundortes ein kleiner Bach oder ein Rinnsal, zog der Sammler mit seiner Hornschaufel sorgsam einige Rinnen bis zum Ginseng und ließ Wasser um die Pflanze fließen, bis die Wurzel nach und nach freigeschwemmt wurde, ohne daß auch nur eine einzige der Wurzeln verletzt wurde. Behutsam nahm er die heilige heilende Wurzel aus der als heilig verehrten Erde.

Um 1650 wurden die alten chinesischen Kräuterbücher zum ersten Mal als Pen-Tsao-Kang-Mu gedruckt. In diesem heute sehr seltenen Werk, das nur wenige Abbildungen zeigt, werden 365 Pflanzen, Tiere und Gesteine beschrieben, entsprechend den 365 Tagen des Sonnenjahres. Natürlich ist auch der Ginseng (Abb.5) darin enthalten (HEILMANN 1973: 317, SCHULTES & HOFMANN 1987: 89).



Abb. 5: Ginseng. Abbildung aus einem chinesischen Kräuterbuch aus dem 16. Jhdt.

In Europa wurde der Ginseng 1711 durch einen Bericht des Jesuitenpaters Pierre JARTOUX, der am Hofe des Kaisers von China gelebt hatte, bekanntgemacht. Am Hofe Ludwig XIV wurde die Kunde vom Wundermittel mit besonderem Interesse aufgenommen. Der erste Professor für Pharmakognosie an der Universität in Wien, Carl SCHROFF, besorgte sich die Wurzel aus Paris, um sie in seinem Lehrbuch wie folgt zu beschreiben (1853: 336):

„Zu den ausländischen gehört die in China und Japan hochgefeierte, in der neuesten Zeit in Paris zur charlatanmässigen Ausbeutung gemissbrauchte Kraftwurzel, Panax Schin-Seng *Nees*, von welcher die Wurzel unter dem Namen Ginseng (Jin-seng) bekannt ist als Radix Ginsing v. Ginseng. Ein von dort nach Wien um enormen Preis gebrachtes Exemplar bietet folgende Charaktere dar. Die Wurzel ist 6 Zoll lang, am dicksten Theile Zoll dick, am obersten Theile mit Blatt- und Stengelresten versehen, 31 Grammes schwer. Die in gerader Richtung verlaufende Hauptwurzel theilt sich an ihrem unteren Theile in zwei gleich lange Aeste, von denen der eine die Richtung der Hauptwurzel fortsetzt, der andere in einem Bogen von diesem sich entfernt, um sich ihm am Ende wieder bis zur Berührung zu nähern. Außerdem geht höher oben von der Hauptwurzel in gleicher Ebene auf jeder Seite ein Wurzelast ab, gleichfalls von gleicher Länge. Sowohl die oberen als die unteren Aeste sind ziemlich scharf und quer abgeschnitten. Uebrigens kommen noch an einigen Stellen der Hauptwurzel Schnittflächen vor, auf denen man deutlich die Structur eines abgeschnittenen Astes erkennt. Aus dem Ganzen ist das Bestreben zu ersehen, der Wurzel das Aussehen einer menschlichen Gestalt zu geben. Die Aeste stellen die oberen und unteren Extremitäten und die Stengel- und Blattreste den Kopf dar, dem nur der Zopf fehlt. Am Hauptaste kommen feine Querrisse, oben dicht gedrängt, tiefer unten weiter von einander abstehend, überdies an ihm und an den Aesten unregelmässig tiefere und seichtere Längsrunzeln vor. Farbe des Stammes lichtgelb, der Aeste und des unteren Theiles des Stammes lichtgelb-röthlichbraun, hell durchscheinend. Consistenz und Aussehen hornartig wie bei getrockneten Salepknollen. Auf dem hornartig glänzenden Durchschnitt eines Wurzelastes bemerkt man eine relativ breite Rindensubstanz, welche durch eine feine Linie begrenzt die Kernsubstanz einschliesst, die durch vom Centrum ausgehende Radien ein sternförmiges Aussehen gewinnt. Sehr dünne Querschnitte sehen weiss aus. Geruch wachsähnlich. Geschmack süsslich, etwas scharf, hinterher bitterlich, ungefähr wie bei *Radix Polypodii vulgaris*; kleine Stückchen lösen sich beim Kauen allmälig im Munde auf. Specif. Gewicht bedeutend. Die zu äusserst liegenden verdickten, tafelförmigen Zellen der Rindensubstanz enthalten molekulare Masse mit kleinen punktförmigen und grösseren theils rundlichen, theils viereckigen Körperchen von gelber und bräunlicher Farbe. Die parenchymatischen Zellen der Rinden- und der Centralsubstanz sind mit einer kleisterähnlichen Masse gefüllt, in der punktförmige, mitunter auch grössere rundliche Körperchen vorkommmen. Jodwasser färbt die dünn aufgetragene Masse licht violettroth, an einigen Stellen licht azurblau; wo der Zelleninhalt

dicker aufgetragen ist, violettröthlich-braun, und die lichtblauen Stellen dunkelazurblau. Die blaue Färbung kömmt öfter in den Zwischenräumen der Zellen, doch auch hie und da im Zelleninhalt vor, in jenem Fall umsäumt sie die violettroth gefärbten Zellen. Die letzteren machen die bei weitem überwiegende Masse aus. In besonderen Zellen sowohl in der Rinden- als besonders in der Centralsubstanz kommen ähnliche Krystalldrusen wie bei der Rhabarber vor; Zusatz von Schwefelsäure macht sie verschwinden, dafür entstehen kleine nadelförmige Krystalle, welche bei stärkerem Zuströmen der Säure wieder vergehen. Außerdem sieht man noch kleine, durchsichtige, den obersten Platz einnehmende Bläschen, deren Bedeutung ich bisher durch Anwendung von Reagentien nicht ermitteln konnte. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Chinesen die Wurzel mit kochend heissem Wasser behandeln und dann trocknen, bevor sie dieselbe zum Gebrauche aufbewahren.

Mit der in Nordamerika wachsendem verwandten Art, *Panax quinquefolius*, wird ein einträglicher Handel nach China getrieben. Dieser amerikanische Ginseng, *Radix Ginseng americana*, ist getrocknet etwa federkieldick, runzlich, 2-3 Zoll lang, aussen graubraun, inwendig gelblich punktirt, riecht schwach aromatisch und schmeckt anfangs süsslich, später gewürzhaft bitter, reizend. Enthält Panacin, ähterisches Oel, Zucker, Stärke, Gummi, Schleim, Harz, Pflanzenfaser."

4. Wurzelgräber, Mediziner, Drogisten, Apotheker

So alt wie die Menschheit selbst dürfte wohl das Graben nach Wurzeln zum Nahrungserwerb sein. Das gezielte Suchen nach heilkräftigen unterirdischen Organen der Pflanzen setzte gewiß ebenfalls sehr früh ein. Aus dem antiken Griechenland wissen wir jedenfalls, daß die Arzneipflanzen von den sogenannten Rhizotomen, wie diese Wurzelgräber hießen, gesammelt wurden. Sie berücksichtigten die Richtung des Windes, die Stunde des Tages oder der Nacht und führten allerlei Hokuspokus im Zusammenhang mit ihrer Tätigkeit auf. THEOPHRAST sagte schon, sie bemerkten vieles richtig, vieles aber übertrieben sie marktschreierisch. Daß sie Gebete beim Wurzelgraben hersagten, fand er selbst nicht unschicklich. Es nahmen sich damals aber auch bereits gebildete Männer dieses Geschäftes an, sodaß die Pflanzenkunde da-



Abb. 6: Wurzelgräber Johann FISCHER aus Pötschen in den 1950 er Jahren.

bei gewann. Schon zu THEOPHRASTS Zeiten gab es mehrere Schriften über Rhizotomie. THRASYAS von Mantinea wird unter mehreren als einer der geschicktesten und erfahrensten Rhizotomen genannt.

Es ist eigentlich erstaunlich, daß sich diese einfache Form des Wurzelgrabens bis in unsere Zeit herein hat erhalten können (Abb. 6), nicht nur bei den Naturvölkern, die auf diese Art von Heilmittelbeschaffung ja angewiesen waren, sondern in unserer Gesellschaft, der ja doch schon seit längerer Zeit eine sich stetig weiterentwickelnde Schulmedizin mit hinreichender Ärztedichte zur Verfügung steht. Noch Anfang des 19. Jahrhunderts ging SCHULTES (1815: 108) mit diesen Wurzelgräbern und den gutgläubigen Apothekern scharf ins Gericht: "Bei den Alten, in den Zeiten der classischen Literatur, waren die Wurzelgräber (Rhizotomi) gelehrte Leute. Ihre hinterlassenen Werke sind noch heut zu Tage die Incunabeln der Botanik. Bei uns hingegen sind die Wurzelgräber die einfältigsten Leute von der Welt, verunglückte Scharfrichter, abgehauste Bauern, Waldhansel und alte Weiber, und dergleichen, und der gelehrte Botaniker bleibt daheim und nimmt, wenn er krank wird, gutmüthig alles, was die Waldhansel und alten Weiber zur Apotheke zu bringen Belieben trugen".

Gewiß hat es immer gestrandete Existenzen gegeben, die sich fallweise mit dem Wurzelgraben ihr spärliches Einkommen gesichert haben. Auf der anderen Seite gab es immer auch Leute, die mit viel Wissen dieser Tätigkeit nachkamen. Im Juli 1997 traf ich am Markt in Cluj = Klausenburg in Siebenbürgen einen Kräutersammler (Abb. 8), der auch zahlreiche Wurzeln feilbot (Abb. 7). Das Wissen darüber wird in seiner Familie seit 350 Jahren mündlich weitergegeben!



Abb. 7: Sortiment von Wurzeln und Rhizomen, am Markt von Klausenburg (Rumänien).

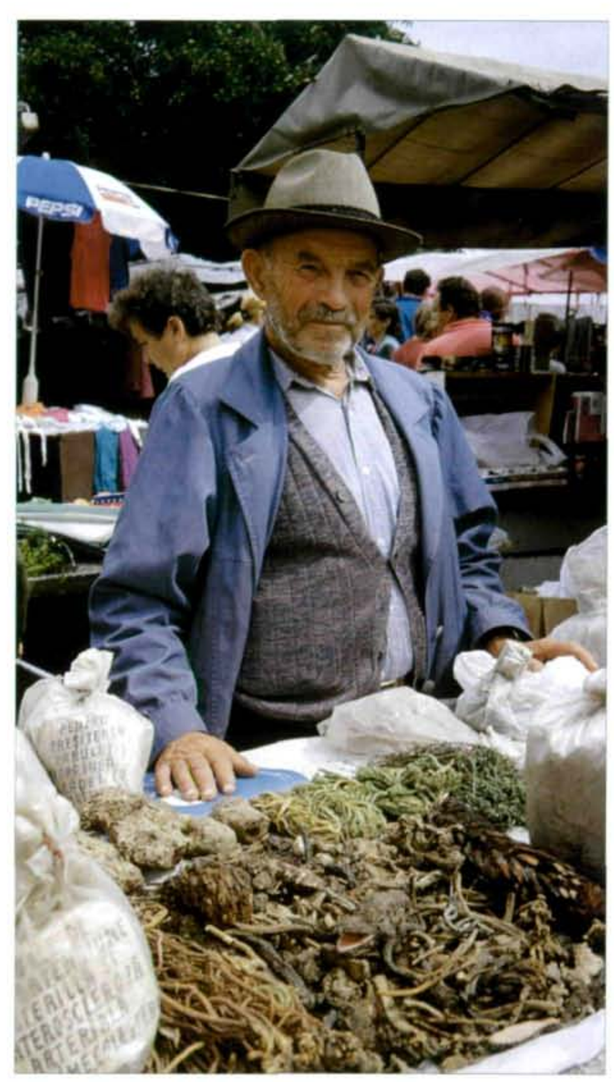


Abb. 8: Kräuterhändler und -sammler Popa MIRONAUS Sat. Poinile de Jos (Com. Buntesti, Jud. Bihor) am Markt in Klausenburg = Cluj in Rumänien im Juli 1997. In seiner Familie wird die Tradition seit 350 Jahren weitergegeben.

Neben der mündlichen Weitergabe des Wissens hat sich sehr bald auch das schriftliche Festhalten des Wissens eingebürgert. Mit der Erfindung des Buchdruckes wurden bald auch Kräuterbücher in großer Zahl hergestellt.



Abb. 9: Spargel, *Asparagus officinalis*, aus dem Destillierbuch des H. BRUNSWYG, 1500. Holzschnitt und Beschreibung.

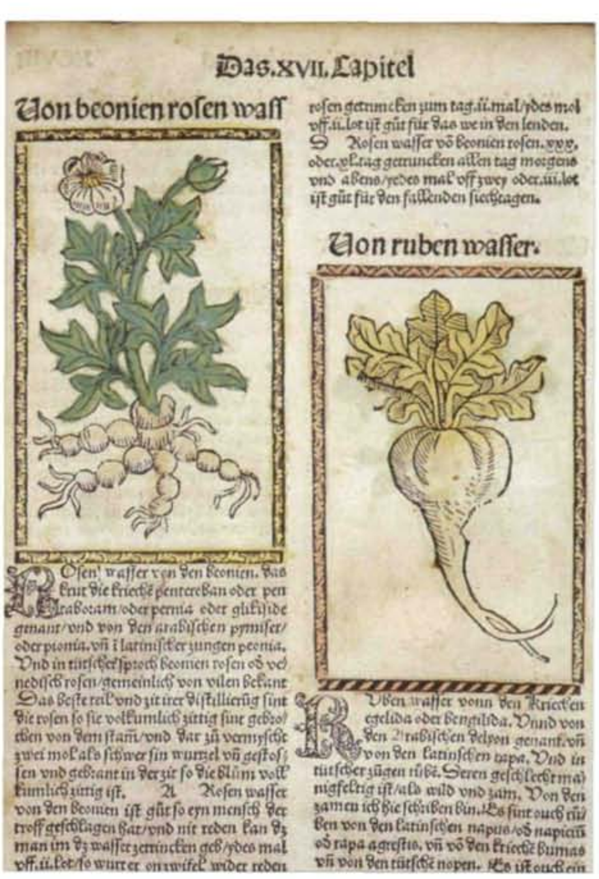


Abb. 10: Pfingstrose und Rettich aus dem Destillierbuch des H. BRUNSWYG, 1500.

Auf Wurzeln speziell hat sich natürlich keiner der Autoren beschränkt, da sie aber oftmals der verwendete Teil der Heilpflanze waren, wurden sie beschrieben und auch abgebildet. Zuerst waren die Abbildungen der Heilpflanzen sehr schematisch. Als Beispiel mögen Bilder aus der Erstauflage des Destillierbuches von H. BRUNSCHWYG (1500) dienen, so z. B. das vom Spargel mit der Beschreibung der Pflanze (Abb. 9):

„Spargenwasser. Das krut von den latinischen Spargus/uñ in tütscher zungen Spargen genãt ist ein krut mit eyner vast breyten Wurtzeln wyt up gespreit mit vil zincken/uñ sin stamm oder stengel ist ein gewechs mit zincke/schier glich dem cleine schapfft hew/das von den lateinischen Cauda equi genant würt. Und des kruts wurtzel auch von vilen horstrang genant umb syner wurtzel willen die lange zottecht wurtzeln hatt wie das hor/doch grösser oder wie schwallwurtz/die von den latinschen vicetoxici genant ist/doch grösser". (Rückseite von CVIII).

Wenn auch etwas holprig, so ist das doch schon eine Wurzelbeschreibung! Die Pfingstrose und der Rettich wären weitere Beispiele dafür, daß die unterirdischen Teile sehr wohl Beachtung gefunden haben (Abb. 10).

Ein Kräuterbuch, das im damaligen Österreich entstanden ist, hat Pier Andrea MATTIOLI verfaßt. Er wurde 1501 in Siena geboren und wurde von Kaiser FERDINAND I. 1555 als Arzt nach Prag geholt, wo er auch unter MAXIMILIAN II. blieb. Im Jahre 1562 erschien in Prag ein zum Gutteil von Tadeáš HÁJEK z HÁJKU (geb. 1.10.1525 in Prag, gest. 1.9.1600 in Prag; VINIKLÁŘ 1931: t. I) (Abb. 11) verfaßtes Kräuterbuch unter dem Titel "Herbarz:



Abb. 11: Tadeáš HÁJEK z HÁJEKU (1525-1600).

ginak ..." in tschechischer Sprache, das ganzseitige naturgetreue Holzschnitte enthält, die auch Wurzeln zeigen, so z. B. *Angelica* (Abb. 12).

Bildungen wie Knollen und Zwiebeln wurden ursprünglich zu den Wurzeln gerechnet, weil sie sich an der Stelle befinden, wo man Wurzeln zu finden gewohnt ist. Wurzel war einfach der Name für alle Teile der Pflanze, mit denen sie sich in der Erde befestigt, die in ihr verborgen sind. Hieronymus BOCK (1546: 264) gibt in seinem Kräuterbuch eine anschauliche Schilderung dieser Auffassung

> "was ist bulbus anderst, dann ein vilfache Zwibelwurzel, es sei gleich Knoblauch oder anders, so muss man mit Plinio sagen, das vil wurtzeln, sonderlich die vilfältige zusammengedrungen werden, Bulbi heissen. Inn summa was järlich newe Augen oder nebenwurtzel stosst, als die Gilgen, als Zwibel, der Alant, die Goldwurtzel, der Aron u.s.w. mag alles Bulbosum genannt werden".

Das Wissen um die Wurzeln ist offensichtlich in den kommenden zwei Jahrhunderten nicht sonderlich angewachsen, wie den Angaben von LINNÉ (1751:38) in der "Philosophia botanica" zu entnehmen ist.

Das von LINNÉ eingeführte Sexual-System und die von ihm konsequent durchgeführte binäre Benennung der Arten haben dann etwa ein Jahrhundert lang den Schwerpunkt in der Botanik gebildet. Einerseits hat die Klarheit und Einfachheit beeindruckt, andererseits gab es weltweit eine Unmenge Arten zu beschreiben. Mahner, die aufmerksam machten, daß eine Pflanze mehr als nur Staubblätter und Griffel habe, waren rar und wurden allgemein geächtet. Einer, der nicht müde wurde, die Schwächen von LINNÉ und seinen Schülern aufzuzählen, war Friedrich Kasimir MEDICUS. Da er sich speziell mit den Zwiebeln ausführlich beschäftigte, hat er gewiß auch einen Platz unter den Wurzelforschern einzunehmen. Nach annähernd 200 Jahren ist der Abstand groß genug, um seine oftmals messerscharfen Angriffe zu analysie-



Abb. 12: Engelwurz, *Angelica archangelica*, aus dem "Herbarz" von HÁJEK, Prag 1562.

ren, und dabei stellt sich heraus, daß er häufig die Lage ganz richtig einschätzte. Die Angaben zu seinem Leben sind zum Teil sehr versteckt veröffentlicht und es existiert noch kein vollständiges Verzeichnis seiner Schriften, was die Neugierde nur größer macht.

Friedrich Casimir **MEDICUS** (Abb. 13) erblickte am 6.1.1736 in Grumbach das Licht der Welt. Grumbach war damals Residenz des Rheingrafen, und sein Vater Christian Wallrad (1695-1749) war dessen Rat. Der Vater starb früh, weshalb die Erziehung der 7 Kinder auf den Schultern seiner Mutter Eva Catharina geb. KROEBER lastete. Nach dem Besuch des Gymnasiums in Idstein studierte MEDICUS in Tübingen und Straßburg Medizin und ließ sich 1758 als Arzt in Mannheim, der damaligen Hauptstadt der Kurpfalz, nieder. Einige glückliche Kuren machten ihn bald bekannt, sodaß ihn schon 1759 Kurfürst CARL THEODOR als Garnisonsphysikus einsetzte. Bereits 1764 ernannte ihn Herzog CHRISTIAN II. zu Pfalz-Zweibrücken zu seinem Hofrat und Hofmedikus. Am 7.5.1764 wurde MEDICUS zum ordentlichen Mitglied der 1763 gegründeten kurpfälzischen Akademie der Wissenschaften in Mannheim für Naturgeschichte, insbesondere Botanik ernannt. Bald erkannte er die Notwendigkeit eines botanischen Gartens, mit dessen Anlage er 1765 begann. Neben seiner Praxis verfolgte er diese Tätigkeit mit solchem Eifer, daß er sich eine gefährliche Krankheit zuzog, die ihn zwang, das Garnisonsphysikat zurückzulegen und im Jahre 1766 eine längere Bade- und Erholungsreise anzutreten. Er war damals in Baden-Baden, Straßburg, Basel, Zürich und zuletzt längere Zeit in Paris, und nützte die Zeit, um interessante Bekanntschaften anzuknüpfen und Erfahrungen für seinen botanischen Garten zu sammeln. Ende März 1767 kehrte er vollkommen gekräftigt zurück, entzog sich von da an immer mehr seiner Praxis und lebte nur noch für die Botanik. Die folgenden Jahre waren fast ganz der Anlage des Botanischen Gartens, der Treib- und Orangeriehäuser etc. in Mannheim gewidmet.



Abb. 13: Friedrich Casimir MEDICUS (1736-1808).

Im Jahre 1769 verehelichte sich MEDICUS mit Carolina KOCH, Tochter eines angesehenen kurpfälzischen Beamten. Aus dieser glücklichen Ehe entsprossen 10 Kinder.

Die 1768 in Kaiserslautern gegründete Bienengesellschaft, der MEDICUS bereits 1769 als Ehrenmitglied angehörte, wurde 1770 durch den kurfürstlichen Stiftungsbrief zur Kaiserslauterer physikalisch-ökonomischen Gesellschaft erhoben und MEDICUS wurde zu ihrem Direktor ernannt. Die Gesellschaft hatte die Ankurbelung der Landwirtschaft und Viehzucht durch vermehrte Düngererzeugung und künstlichen Futterbau zum Ziel. Hierzu wurde 1772 in Siegelbach unweit Kaiserslautern ein 66 Morgen großes Mustergut eingerichtet. Dort sollte ab 1774 der neuaufgekommene Kleebau mit Viehzucht durch Stallfütterung betrieben werden. Die Bewirtschaftung des Betriebes funktionierte aber nicht, sodaß sie wieder aufgegeben werden mußte. Von 1769-1778 legte die Gesellschaft außerdem einen bota-

nischen Garten in Kaiserslautern an. 1774 wurde von ihr die kurpfälzisch hohe Schule für Kameral- und Staatswirtschaft mit reichhaltigen Sammlungen und Bibliothek gegründet. MEDICUS war auch ihr Direktor. Die Gesellschaft gab unter anderem den "kurpfälzischen Landwirthskalender" heraus, den MEDICUS viele Jahre redigierte. 1784 wurde die Schule nach Heidelberg verlegt und mit der dortigen Universität vereinigt.

Infolge der Vereinigung Bayerns mit der Pfalz zog sein Gönner Kurfürst CARL THEODOR 1778 nach München. Doch noch Schlimmeres sollte für ihn kommen. Im Jahre 1795 wurde infolge der Belagerung Mannheims der botanische Garten, das 28-jährige Ergebnis seiner angestrengtesten Bemühungen, größtenteils zerstört und seine dort aufbewahrten Manuskripte vernichtet. Nur unter großen Mühen konnte er seine Bibliothek retten. Und damit ist auch ein Österreich-Bezug zu MEDICUS hergestellt: Seinen botanischen Garten haben nämlich die Österreicher in Schutt und Asche gelegt! Bekanntlich standen Deutsche und Österreicher 1795 mit Frankreich im Kriegszustand.

CARL THEODORS Minister verhandelten mit den Franzosen gegen ihren Kaiser. Die Österreicher sollten Mannheim verlassen, weil die Franzosen drohten, andernfalls die Stadt zu beschießen. Am 21.9. erhielten die Österreicher die Nachricht, daß auch Mannheim, wie Düsseldorf, von den Pfalzbayern verraten und von den Franzosen unter PICHEGRU besetzt worden sei. WURMSER, der mit seinem Heer in der Pfalz eingetroffen war, erhielt von Wien den Befehl, in die Offensive zu gehen. Im Oktober sollten, im entscheidenden Augenblick, die schwäbischen Truppen WURMSERS Heer verlassen, doch WURMSER hielt sie mit Gewalt zurück. Auch die Pfalzbayern wollten neutral sein, was er ebenfalls auf kaiserlichen Befehl hin nicht anerkannte. WURMSER beschloß eine Offensive gegen PICHEGRU, den er nun in seinem Zentrum in Mannheim bestürmen wollte. WURMSER griff Mannheim an, CLAIRFAIT die Linien der Franzosen vor Mainz.

„Wurmser ordnete daher am 18. Oktober sein ganzes Heer in sechs Sturmcolonnen, und drängte die Franzosen, welche bei der Gelegenheit gegen zweitausend Mann verloren, nach Mannheim hinein. Schon am 19. ließ er diese Stadt auffordern. Vom 19. bis zum 30. ward hernach unaufhörlich gekämpft, bis nach der Besetzung des Galgenbergs alle Anstalten zur Beschießung der Stadt von den Oesterreichern gemacht waren. Dann fand PICHEGRÜ rathsam, alle andern Truppen aufs linke Rheinufer zu verlegen und nur 10000 Mann als Besatzung in Mannheim und in der Rheinschanze zurückzulassen. Graf OBERNDORF war in diesem Augenblicke (den 31. Oktober) unverschämt genug, WURMSER die Zumuthung zu machen, "daß nach dem Abzuge der Franzosen (die von den Kaiserlichen mit ungeheuern Anstrengungen erst aus der Stadt getrieben werden sollten) die Bewachung der Stadt den Bürgern oder den pfälzischen Reichscontingentstruppen überlassen, keine kaiserliche Besatzung in dieselbe gelegt, und ihr eine vollkommene Neutralität zugestanden werden möchte". Es war wahrlich! noch höflich, daß der Kaiser solchen Egoisten bloß dadurch antwortete, daß er an WURMSER schreiben ließ, daß er ihm verbiete, solchen Anträgen irgend eine Folge zu geben.

Die Batterien wurden, als eine dritte Aufforderung, (die erste war vom 19. Oktober, die zweite vom 23.) von General MONTAIGÜ, der in der Stadt commandirte, abgelehnt war, am 12. November eröffnet. CLAIRFAITS glückliche Unternehmung gegen das Belagerungscorps von Mainz nöthigte PICHEGRÜ, sich weiter vom Rhein zu entfernen, erleichterte daher die Belagerung. Als sich PICHEGRÜ endlich über den Speyerbach zurückzog, ließ MONTAIGÜ selbst die Schiffbrücken abführen, also seinen Zusammenhang mit dem linken Rheinufer abbrechen, weil die Oesterreicher unter dem Obersten WILLIAMS eine Anzahl Kanonenbote auf dem Flusse hatten. Von diesem Tage (dem 14.) an ward das Feuer heftiger und heftiger und schon am 17. suchte die französische Besatzung in und außerhalb der lutherischen Kirche, unter den Säulengängen des Kaufhauses und des churfürstlichen erst später zusammengeschossenen, damals noch verschonten, Schlosses eine Zuflucht, weil alle Kasernen schon zerstört waren. Der größere Theil der Einwohner hatte Zuflucht in den Kellern ihrer eignen Wohnungen oder im großen Hofkeller, im Keller des Schauspielhauses und sogar in den Gruften der Jesuitenkirche gesucht.

Als am 19. November der französische Commandant auch die vierte Aufforderung abgelehnt hatte, begann ein entsetzliches Feuer, denn in der Nacht vom 20. auf den 21. November wurden vierzehnhundert Bomben in die Stadt geworfen. Der noch in Trümmern liegen-

de Flügel des Schlosses, Ballhaus, Opernsaal, das physikalische Cabinet mit dem Thurme u. s. w. wurden ein Raub der Flammen, nichtsdestoweniger beharrte der französische Commandant auf seiner Weigerung, sich zu ergeben. Erst am 22. fand er endlich den Platz unhaltbar und gab sich mit der ganzen Besatzung gefangen. Diese Einnahme von Mannheim und die Erstürmung der Linien vor Mainz waren unstreitig die glorreichsten Thaten der Oesterreicher im ganzen Kriege. In Mannheim wurden 9787 Mann und unter ihnen ein Divisionsgeneral, 4 Brigadegenerale und 410 Offiziere gefangen; als Beute nahm man 50000 Flinten, 383 Kanonen und große Artillerievorräthe. In den österreichischen Berichten wird gesagt, daß seit dem 29. Oktober bis zum 21. November 21.105 schwere Kugeln und Bomben in die Stadt geworfen und geschossen worden.

PICHEGRÜ erwarb sich damals durch die Art, wie er sich gegen die Uebermacht zu behaupten verstand, mehr Ruhm als andere durch glänzende Siege; glücklich war er in den unzähligen Gefechten vom 10. bis 17. November nicht, denn seine fünf Divisionen verloren in jenen Tagen etwa achttausend Mann, zwei und zwanzig Kanonen und hundert Munitionskarren" (SCHLOSSER 1844: 728-730).

Was für die Österreicher ein glorreicher Sieg war, war für den armen MEDICUS eine Katastrophe. Wie das Schicksal so spielt: Auch der Wurzelforscher B. PREISS war im Bundes-Kontingent der Salzburger als Regimentsarzt bei der Erstürmung der Mainzer Linie dabei!

MEDICUS suchte Trost für diesen unersetzlichen Verlust in erneuter botanischer Tätigkeit. Insbesondere beschäftigte er sich weiterhin mit den Vorschlägen über die Anpflanzung von *Robinia pseudacacia* in deutschen Wäldern. In Forstkreisen ist er durch seine Bemühungen um die Einbürgerung der „Falschen Akazie" und anderer fremder Baumarten bekannt geworden (HESS 1885). Er sah hierin das sicherste Mittel, etwaiger künftiger Holznot begegnen zu können. Über dieses Thema hat er 1794-1803 sein 5-bändiges Werk „Unächter Akazienbaum zur Ermunterung des allgemeinen Anbaues der in ihrer Art einzigen (weil sehr raschwüchsigen und frühzeitig auch technisch verwendbaren) Holzart" herausgebracht.

Sein Lebensabend wurde dann doch noch etwas verschönt. Mannheim war 1802 an Baden gekommen. Der Botanische Garten wurde 1805 dem Kurfürsten als Geschenk angeboten, der fürchtete die Pflegekosten und wollte ihn nicht. 700 Gulden Gärtnerlohn für 3 Jahre hätte er nachbezahlen sollen! So haben die Bayern den lästigen Besitz dem früheren Konservator, Regierungsrat MEDICUS geschenkt, der dann im Dezember 1807 die ausständige Summe der badischen Staatskasse zuführte. Mit Eifer machte er sich an die Wiederherstellung des Gartens. Er ließ das noch am besten erhaltene Haus richten. In der schönen Jahreszeit konnte nun der Greis mit seiner Familie noch einige schöne Nachmittage im Garten verbringen. Schon 1803 hätte er mit der Akademie nach München übersiedeln sollen, wegen der allgemein herrschenden Desorganisation wurde dies bis 1807 hinausgezögert, dann erlaubte seine Gesundheit keinen Ortswechsel mehr. Er starb in Mannheim am 15.7.1808.

Als einer, der in erster Linie mit Lebendpflanzen zu tun hatte, hat MEDICUS (1790: 415) die Vorteile des Studiums lebender Pflanzen gekannt und sie zu nutzen versucht. Der Herbarbotanik begegnete er sehr ablehnend:

„... da unsere kräuterkenner lieber herbarien sammeln und kupfertafeln herausgeben, als den freilich ungleich mühsamern zergliederungen der blüthen- und fruchttheile sich wiedmen, welche zergliederungen doch der einzige weg zur wahrheit sind".

Seine überaus kritische Haltung zu LINNÉ und dessen unkritischen Nachrednern hat er bei jeder Gelegenheit eingeflochten. Erst durch die vermittelnde Tätigkeit von Johann BECKMANN (* 4.6.1739 in Hoja, + 3.2.1811 in Göttingen) konnte er zur Einsicht gebracht werden, daß LINNÉ durchaus nicht alles schlecht und in böser Absicht gemacht habe (SCHMID 1937) und spät (1806: 144) sind dann auch etwas versöhnlichere Töne von ihm zu hören gewesen: „Ich ersuche die sämtlichen Leser meiner botanischen Schriften, alles dasjenige zu überschlagen, was ich in denselben wider den Ritter von LINNÉ angeführt habe. Eigentlich galt auch meine Kritik nicht diesem grossen und von mir jederzeit hochgeschätzten Mann, sondern eigentlich nur seinen später lebenden blinden

Nachfolgern (usw.). Ich bin nun lebhaft überzeugt, dass, wenn LINNÉ bei seinem Leben alle die Beobachtungen hätte lesen und beurteilen können, die späterlebende Pflanzenkenner herausgegeben haben, er der erste gewesen wäre, solche durch seinen Beitritt zu sanktionieren. Nicht so seine Schüler und Anhänger. Doch auch diese sind meistens tot, und von den Toten muss man nur dasjenige nacherzählen, was ihnen zum Ruhme gereicht. – Die Hauptbelehrung über diesen Gegenstand verdanke ich H. Hofr. BECKMANN, der in seiner physik.-ökonom. Bibliothek XII., S. 594-604, über LINNÉS Charakter usw. mir Aufschlüsse gab, die mir gänzlich unbekannt waren. Unglücklicherweise hat mir selbst [nebst] noch mehrern Teilen auch dieser XII. Band der Bibliothek durch Fehler der Buchhandlung bisher gemangelt, und erst im Sommer 1805 habe ich diese fehlenden Teile erhalten können. Da BECKMANN ein vertrauter Freund des Linné war, so ist seine Schilderung von ihm sicher der Wahrheit ganz getreu. Ich nehme also hiemit alles dasjenige feierlich zurück, was ich wider diesen grossen Mann in meinen Schriften gesagt habe, weiss aber aus inniger Überzeugung, dass meine Beobachtungen selbst der Natur getreu sind".

In vielem, das MEDICUS bemängelte oder kritisierte, hat er durchaus Recht gehabt. Keiner der arrivierten Botaniker konnte und wollte ihm folgen, schließlich saßen sie mit auf der Anklagebank. Nur wenige Außenseiter, wie Conrad MOENCH (1744-1805), haben sich ebenfalls gegen LINNÉ gestellt. Alles isolierte Einzelkämpfer, die dazu offensichtlich gar nicht daran dachten, sich zu formieren! Wie STEARN (1966: XIV) zeigt, hat MOENCH, der MEDICUS häufig zitierte, von dessen umfassender Abhandlung über *Fabaceae* (1787) nichts erfahren und daher bald darauf (1794) selbst eine Reihe neuer Gattungen und Arten beschrieben. Sie waren sich unabgesprochen einig, daß LINNÉ die Gattungen viel zu weit gefaßt hat und teilten sie , wenn immer möglich, ihrem Empfinden nach auf natürliche, enger gefaßte auf.

MEDICUS hat seine Erkenntnisse und Vorstellungen über Morphologie und System der Pflanzen zwar den Schülern der "Kameral- und Staatswirtschaft" vortragen können, diese waren aber sicherlich nicht die richtigen Ansprechpartner. Insoferne verwundert es nicht, daß er keine Schule begründen konnte. Er war zwar bestrebt, seine Vorträge auch zu veröffentlichen, doch sind sie zumeist nur sehr versteckt erschienen, außerdem oft in Zeitschriften, deren Leserkreis damit kaum etwas anzufangen wußte. Es verwundert daher nicht, daß es bis heute kein annähernd vollständiges Verzeichnis der Schriften von MEDICUS gibt!

MEDICUS hat neben vielen anderen Objekten speziell den Zwiebelpflanzen seine Aufmerksamkeit geschenkt. Die von ihm geschaffenen Gattungen *Hyacinthoides* (Hasenglöckchen), *Dipcadi* und zuletzt auch *Stellarioides* (Falsche Meerzwiebel) zeugen noch heute von seinem richtigen Verständnis und seiner guten Kenntnis der damals bekannten und kultivierten Zwiebelpflanzen aus der Familie der *Hyacinthaceae*. Zu seiner Zeit war gemeinhin alles Unterirdische einer Pflanze Wurzel, weswegen seine Untersuchungsergebnisse zu einer neuen Gliederung führten, die auf jeden Fall sehr bemerkenswert ist, aber bisher kaum jemanden auffiel.

Selten machte man sich zu dieser Zeit Gedanken, was eigentlich die Wurzel an einer Pflanze sei. HEDWIG (1782: 319) stellte solche grundlegende Überlegungen an:

„Von uralten Zeiten her versteht jederman unter der eigentlichen Benennung Wurzel denjenigen Teil der Pflanze, der sich in der Erde befindet, oder durch den sie zu unterst an ihren Standort befestigt ist. Allein es giebt Pflanzen, von welchen sich nichts in der Erde befindet, die an den Körper, wo sie sind, und von dem sie sich nären, gar keine Befestigung und doch Wurzeln haben, wie die gemeine Wasserlinse *(Lemna minor)* und ihre Mitarten. Der dreiektigte Cactus treibt weit über der Erde lange Faden aus seinen Seiten, die denen in der Erde gleich sind, daher man sie auch Luftwurzeln genent hat. Viele ächte und unächte Moose haben zwar ihre Wurzeln; aber weder in der Erde, noch auf den Körpern, an welchen sie sich aufhalten". Er kommt zum Schluß, daß bei Pflanze und Tier das wichtigste der Körper sei. Wurzeln können weggeschnitten werden, wachsen wieder nach, der Stamm ist demnach wichtiger!

Unvermittelt, ohne Vorgänger, ohne Nachfolger, tritt Balthasar PREISS Anfang des 19. Jahrhunderts als Autor zweier Bücher (1806, 1823) speziell über Wurzeln in Erscheinung. Er wurde durch den Anschluß Salzburgs an Österreich zum Österreicher und ist vielleicht deshalb so schnell in Vergessenheit geraten. Er soll unter den Wurzelforschern zweifellos einen Ehrenplatz einnehmen. Seine Biographie hat WEITENWEBER (1852: 171-173) bestmöglich verfaßt, alle späteren Biographien sind offensichtlich nur ein Auszug derselben (WURZBACH 1872: 253-255, KIRCHENBERGER 1913: 161-163, MAIWALD, RIEDL 1983: 257).

„Am 2. Juli 1850 starb zu Prag ein geschätzer Meister der Botanik und zugleich verdienstvoller Veteran der österreichischen Militärärzte, Dr. Balthasar PREISS, k. k. Rath und Stabsfeldarzt, Inhaber der k. bair. grossen goldenen Verdienstmedaille, Mitglied der k. k. mediz.-chirurg. Josephsakademie und der botanischen Gesellschaft zu Regensburg, in dem seltenen Alter von 85 Jahren.

Balth. **PREISS** war am 29. Decb.1765 zu Bruchsal im gegenwärtigen Grossherzogthum Baden geboren, woselbst sein Vater in Diensten des Fürstbischofs von Speier stand. Nachdem der befähigte Knabe in seiner Geburtsstadt einige Jahre das dortige Gymnasium besucht hatte und hierauf bei dem geachteten Wundarzte BAUER in der niederen chirurgischen Lehre gewesen, entschloss sich der höher strebende Jüngling, obwohl ganz fremd und mittellos, nach Wien der grossen Kaiserstadt zu gehen, um sich an dieser berühmten Hochschule unter ausgezeichneten Lehrern dem Studium der praktischen Chirurgie zu widmen. Hier hatte PREISS alsbald das Glück, ein Stipendium zu erhalten, und von den Professoren LEBER und ZIMMERMANN, vorzüglich aber von dem berühmten Präses der medicinischen Facultät, Baron Ant. v. STÖRK, mehrfällig unterstützt zu werden. So ward ihm auch unter Andern, aus Rücksicht auf seine ungewöhnlichen Kenntnisse in der Anatomie und theoretischen Chirurgie ganz ausnahmsweise gestattet, Privatrepetitionen mit einigen schwächeren Schülern zu unternehmen, wodurch PREISS nicht nur nach dem, in der Wissenschaft so oft bewährten und nützlich befundenen, allgemein bekannten Sprichworte: Docendo discimus sich noch mehr in seinem eigenen Wissen vervollkommnete, sondern auch eine ziemlich gute Subsistenz fand. Im Jahre 1789 unterzog sich PREISS mit günstigem Erfolge dem Magisterium aus der Chirurgie, im J. 1791 aus der Geburtshilfe, worauf er mittelst Diplom vom 25. Mai 1792 zum Doctor der Chirurgie ernannt wurde. Gleich im Juli desselben Jahres erhielt PREISS einen Ruf nach Salzburg als Regimentsarzt, dem er alsbald folgte, musste aber bereits im April 1793, auf Befehl des Regensburger Reichstages, mit dem Salzburger Bundescontingent nach Namur in den Niederlanden marschiren, wo er in den dortigen Feldspitälern eine leider nur zu reichliche Beschäftigung fand. Dasselbe war im J. 1795 bei der Erstürmung der sog. Mainzer Linie, sowie im J. 1799 während der Blocade von Philippsburg der Fall. Nachdem Dr. PREISS im J. 1800 wieder in seine Friedensstation Salzburg rückgekehrt war, lebte er hier in starker ärztlicher Praxis und gab: Medizinisch-chirurgische Erinnerungen und Bemerkungen 1 Bändchen (Salzburg 1802) heraus. In dieser so auserwählt botanischen Gegend machte PR. binnen Kurzem mit den beiden würdigen Botanikern, BRAUNE und HOPPE, eine innige wissenschaftliche Bekanntschaft und verlegte sich fortan mit vielem Eifer auf die dortige herrliche Alpen-Flora. Insbesondere waren die Wurzeln der um Salzburg wildwachsenden, giftigen und verdächtigen Pflanzen der Gegenstand seiner Forschungen, so dass er im J. 1803 zehn sehr instructive Tabellen mit derlei in natura aufgelegten Wurzeln auf verkäufliche Weise herausgab und nebstdem die 1. Lieferung seiner Kritik, Revision und Beschreibung verschiedener Wurzeln u s. w. (Salzburg 1806) veröffentlichte. In Anerkennung seiner Leistungen, als eifriger Pflanzensammler und gründlicher Kenner derselben, wurde PREISS bereits im J. 1804 von der damals recht jugendlich rüstigen botanischen Gesellschaft in Regensburg, wo zu jener Zeit auch unser berühmte Graf Casp. v. STERNBERG lebte und für die Wissenschaft wirkte, zum Mitglied aufgenommen.

Als im J. 1806 in Folge des Pressburger Friedensschlusses das Salzburger Gebiet an Oesterreich gelangte, kam auch Dr. PREISS in die kaiserlichen Militärdienste und wurde dem böhmischen Regimente FRÖHLICH

(dann KUTSCHERA, LATOUR, gegenwärtig BENEDEK) zugetheilt, welches damals in und um Kuttenberg lag. Auch hier Florens Dienste treu, vermochte PREISS nach einigem Aufenthalte in der genannten Gegend, in Erwiederung einer an ihn ergangenen Aufforderung für Dr. Johann Em. POHL's Tentamen florae Bohemiae (Prag 1810) schätzbare Beiträge an Standörtern mehrerer Pflanzen mitzutheilen. Die Stelle eines Regimentsarztes theils in Kuttenberg, theils in Prag beinahe ununterbrochen durch 25 Jahre bekleidend, leistete PR. mittlerweile wieder in den französischen Feldzügen 1813-15 sowohl in verschiedenen Spitälern, als auch unmittelbar auf den Schlachtfeldern von Dresden, Leipzig, Eckartsberg, Hanau, Hochheim, Bar sub Aube, Brienne u.a. unerschrocken die ärztliche Hilfe, aus welcher Veranlassung er mehrerer ehrenvoller Belobungsdekrete theilhaftig wurde. Namentlich im Feldzuge 1813 war ihm die ärztliche Direction als Qua-Stabsarzt des 3. Armeecorps unter dem Commando des F. Z. M. GIULAY, bis zum 31 März vor Paris, anvertraut worden; in Folge seiner dabei bewiesenen ausgezeichneten Verwendung erhielt er überdiess vom Könige von Baiern die grosse goldene Verdienstmedaille.

Während des neapolitanischen Feldzuges im Jahre 1821, wo Dr. PREISS abermals die Stelle eines Qua-Stabsfeldarztes zu versehen hatte, versäumte er nicht die ihm somit nebenbei gebotene günstige Gelegenheit, in den Abbruzen und dem übrigen Neapel an Ruhetagen fleissig zu botanisiren, so dass er eine bedeutende Menge getrockneter Pflanzen aus der Gegend von Forli, Chieti, Salmona u.a. für die Herbarien der befreundeten Prager Botaniker mitbrachte. Bald nach seiner Rückkehr in seine vorigen Friedensverhältnisse nach Prag veröffentlichte Dr. PREISS, als ein Ergebniss vieljähriger Studien, seine auf eigene Untersuchungen basierte: Rhizographie oder Beschreibung der Wurzeln, Knollen und Zwiebeln der Pflanzen (Prag 1824), welche eine vielseitige Anerkennung fand. In freundschaftlicher Würdigung dieser seiner nicht unbedeutenden Verdienste um die Pflanzenkunde zeichnete ihn unser, leider auch zu früh uns entrissene CORDA im J. 1827 durch Aufstellung einer neuen Gattung aus, welcher er dem Dr. PREISS zu Ehren den Namen PREISSIA beilegte; es ist diess ein von Letzterem aus Italien mitgebrachtes Lebermoos aus der Ordnung der Marchantiaceen. Im Jahre 1830 wurde ihm definitiv die Stelle eines dirigirenden Stabsarztes im Königreiche Slavonien zu Peterwardein verliehen, woselbst er, nebst den übrigen dienstlichen Geschäften auch von der Pestquarantäne, der epidemischen Cholera u. dgl. vielfach in Anspruch genommen, bis zu seiner, im August 1833 erfolgten, Superarbitrirung verblieb; sodann aber bereits hochbetagt sich nach dem, ihm zur zweiten Heimat gewordenen Prag zurückzog, um hier seine letzten Lebensjahre im wohlverdienten Ruhestande zuzubringen. Auch jetzt noch widmete Dr. PREISS unverdrossen manche Zeit den wissenschaftlich-botanischen Forschungen; namentlich beschäftigten ihn mit besonderem Interesse die Kartoffeln und ihre eigenthümlichen Krankheiten; so dass er, nebst mehreren kleinen Aufsätzen in verschiedenen Zeitblättern, auch eine selbstständige Schrift über diesen hochwichtigen Gegenstand bearbeitete und als 80jähriger Greis unter dem Titel: Die Kartoffelpflanze, ihre unterirdischen Organe u.s.w. (Leipzig 1844 mit einer Tafel colorirter Abbildungen) herausgab. Das wissenschaftliche und ästhetische Interesse an den holden Kindern Florens, das ihm während seines eben so langen als vielbewegten Lebens gar manche vergnügte Stunde gewährt hatte, war nur mit dem letzten Hauche gewichen! Auch Dr. PREISS liefert uns einen neuerlichen Beweis, dass sich die erste ärztliche Praxis mit der Pflege der scientia amabilis in einer Person verbinden lasse, ohne sich, wie Manche wähnen, gegenseitig auszuschliessen und zu beeinträchtigen".

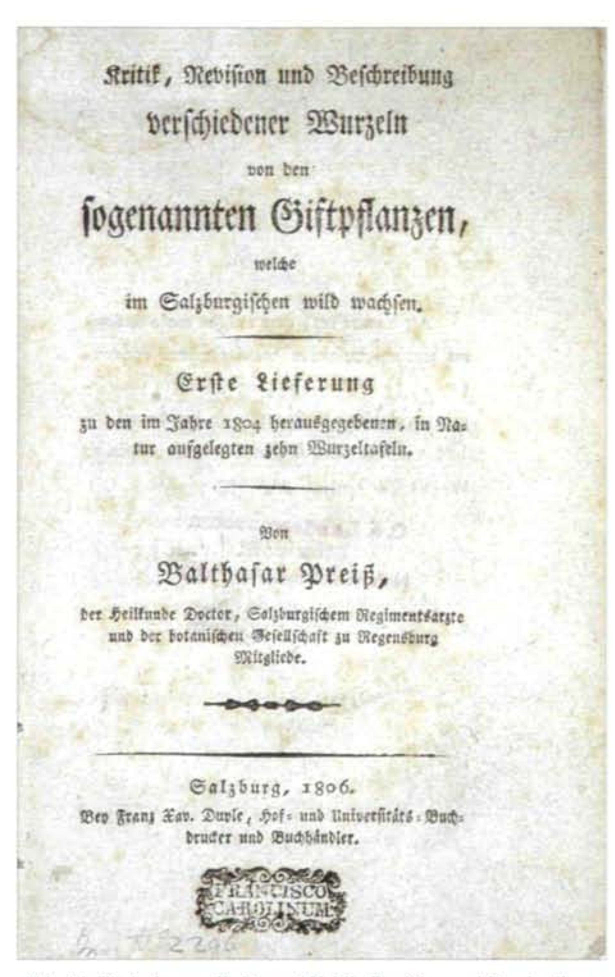
Das Bemühen, weitere Einzelheiten über sein Leben zu erheben, gestaltete sich zeitaufwendig und war bisher wenig ergiebig. Über seine Herkunft, seine Familie, konnte K. EICHHORN einen Auszug aus den Pfarrbüchern in Bruchsal zur Verfügung stellen. Demzufolge war Stephan PREISS, der Großvater des Wurzelforschers - verheiratet mit Katharina - „miles ex cohortia praetoria Leyana in Mainz",Johann Wilhelm PREISS,der Vater, hochfürstlicher Hofklarinettist. Er heiratete am 1.10.1753 römisch-katholisch in Bruchsal Maria Anna WEITHMANN, die Tochter des Stiftsmesners Sebastian Waidmann und seiner Frau Anna Maria.

Der Ehe entsprossen 6 Kinder. Das erste, Johann Georg, *21.10.1754, starb bereits nach 8 Monaten, am 16.6.1755, Franz Joseph (* 25.1.1756), Johann Georg Joseph (*15.7.1758), der Stadtschreiber zu Sinsheim war, Maria Margaretha (* 23.7.1760), die am 19.6.1786 Johann WEICK/HUTTENHEIM heiratete, Johann Georg (*10.3.1763) und eben Johann Balthasar Nepomuk, der am 29.12.1765 zur Welt kam.

Über seinen Aufenthalt in Salzburg war wenig zu eruieren. Daß er dort ein Büchlein unter dem Titel „Kritik, Revision und Beschreibung verschiedener Wurzeln ..." (Abb. 14) herausgab, ist mittlerweile in Vergessenheit geraten. In der Vorrede erwähnt er darin, daß er anstatt Abbildungen ein Herbarium dazu angelegt habe (PREISS 1806: V). Er habe auf 20 Tafeln Wurzeln von 80 Arten in den Jahren 1804 und 1805 herausgegeben, führt er an. Zunächst hätte er nur Wurzeln, später auf Wunsch eines Pränumeranden auch Blätter beigegeben.

Durch REITZENBECK (1857: 20) ist uns wenigstens einiges darüber überliefert worden: „PREISS gab im Jahre 1804 eine Sammlung der Wurzeln von schädlichen und giftigen Pflanzen in zwei Lieferungen zu 80 Stücken mit allgemeinem Beifall heraus, denen die systematischen lateinischen und deutschen, und die offizinellen Benennungen beigefügt waren. Bei mancher Art wurden auch die Blätter beigegeben, wenn durch diese die Pflanze sich besonders charakterisierte. Jede Lieferung bestand aus 10 Tafeln; an jeder Tafel waren vier Wurzelarten. Wir theilen zur Uebersicht die zehn Tafeln der ersten Lieferung mit".

Trotz intensiver Nachsuche in Österreich, Tschechien und Deutschland konnte bis jetzt keine einzige der von PREISS verteilten Tafeln gefunden werden, das Büchlein aber an die 20 Mal. Vielleicht liegt dies daran, daß die Tafeln eigentlich Herbarbelege waren, im Format deutlich größer als das Büchlein. Da 4 Arten auf einem Blatt montiert waren und wahrscheinlich keine Fundorte genannt wurden, dürften sie übereifrige Herbarkustoden als unwissenschaftlich ausgereiht haben, weil es Herbarbelege waren, sind sie andererseits wohl in den Bibliotheken nicht eingestellt worden.


Kritik, Revision und Beschreibung
verschiedener Wurzeln
von den
sogenannten Giftpflanzen,
welche
im Salzburgischen wild wachsen.

Erste Lieferung
zu den im Jahre 1804 herausgegebenen, in Natur aufgelegten zehn Wurzeltafeln.

Von
Balthasar Preiß,
der Heilkunde Doctor, Salzburgischem Regimentsarzte und der botanischen Gesellschaft zu Regensburg Mitgliede.

Salzburg, 1806.
Bey Franz Xav. Duyle, Hof- und Universitäts-Buchdrucker und Buchhändler.

Abb. 14: Titelseite von B. PREISS "Kritik, Revision und Beschreibung verschiedener Wurzeln ...", 1806 in Salzburg herausgekommen.

Zu einer möglicherweise ausgegebenen zweiten Serie von 10 Tafeln ist auf jeden Fall keine 2. Lieferung des Textbändchens erfolgt.

Weil die Reihung der von REITZENBECK (1857: 20) angegebenen Arten der ersten 10 Tafeln nicht mit dem von PREISS (1806) publizierten Begleittext übereinstimmt, sind REITZENBECK wahrscheinlich die Originaltafeln noch vorgelegen. Im Buch sind folgende Arten je Tafel aufgezählt:

Tafel I: *Asarum europaeum, Daphne Mezereum, Anemone nemorosa, Anemone ranunculoides*

II: *Levcojum vernum, Galanthus nivalis, Cyclamen europaeum, Colchicum autumnale*

III: *Atropa Belladonna, Hyosciamus niger, Arnica montana, Pedicularis palustris*

IV: *Chaerophyllum sylvestre, Chaerophyllum hirsutum, Conium maculatum, Aethusa cynapium*

V: *Helleborus niger, Helleborus viridis, Trollius europaeus, Actaea spicata*

VI: *Ranunculus ficaria, Ranunculus alpestris, Ranunculus acris, Ranunculus sceleratus*

VII: *Paris quadrifolia, Clematis vitalba, Chelidonium majus, Astrantia major*

VIII: *Arum maculatum, Iris pseudacorus, Solanum dulcamara, Asclepias Vincetoxicum*

IX: *Euphorbia platyphyllos, Euphorbia verrucosa, Euphorbia sylvatica, Euphorbia Cyparissias*

Weiters schrieb BRAUNE 1830: 291 an HOPPE, daß er seine Alpenpflanzen nach Mülln übersiedelt: "Gegenwärtig befindet sich meine Anlage an eben jenem Platze, wo vor mehr als 20 Jahren Hr. Dr. und Regimentsarzt PREISS eine Alpenpflanzen-Anlage errichtete, von welcher noch Ueberreste in freudig vegetirenden Rasen von *Alchemilla alpina, Primula Auricula alpina*, und *Saxifraga caesia* an den Felsen sich erhielten, ... Ich habe den Inhalt dieser Plantage theils durch die Überreste meiner vorigen Anlage theils durch neue Rekrutierung und durch gütige Sendungen von Hrn. Dr. SAUTER und Hrn. Oberwaldmeister FERCHL im vorigen Jahre auf 200 Spezies gebracht ..."

MESSNER (1990: 290) schreibt über das Haus Müllner Hauptstraße 7: "Bräuer Moser-Wirtshaus. Hier befand sich im 18. Jh. die "Kaiserliche Werbung" mit Wohnungen für einige österreichische Unteroffiziere".

Von dieser Auffrischung und Erweiterung des PREISS'schen Alpengartens durch BRAUNE hat aber bereits REITZENBECK (1857: 19) nichts mehr gewußt, weil er die beim Haus 7 damals noch vorhandenen Alpenpflanzen ausschließlich als Reste des Alpinums von Preiss vermutete: „... trotz mancher Verheerung des Mönchsberges von Seite der Feinde 1800 noch bis zum heutigen Tage ein paar schöne Alpinen, z. B. *Primula auricula, Saxifraga caesia, Pinguicula alpina* u.s.w. an den Brecciawänden erhalten haben".

Dies sind bisher die einzigen spärlichen Hinweise, die über den Pionier der Wurzelforschung B. PREISS über seinen Salzburger Aufenthalt ausfindig gemacht werden konnten. Da WEITENWEBER (1852: 172) zu berichten wußte, daß er mit BRAUNE und HOPPE eine innige wissenschaftliche Bekanntschaft pflegte, sind vielleicht im Zusammenhang mit diesen beiden noch Fakten erhebbar.

KIRCHENBERGER (1913: 162) gibt an, daß PREISS 1833 Stabsarzt beim Festungskommando in Olmütz gewesen wäre, was überprüft gehörte.

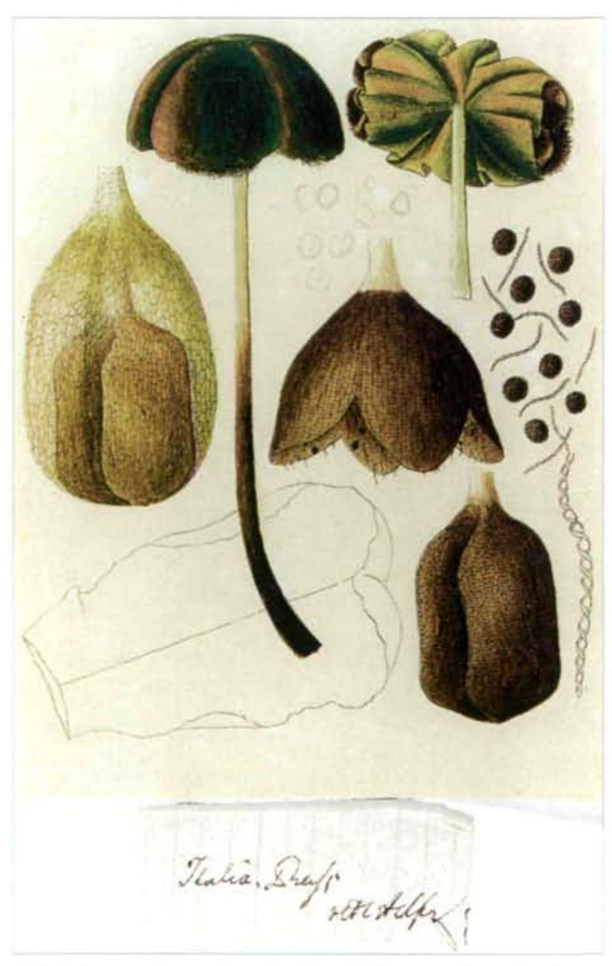


Abb. 15: Aquarell von *Preissia*, einem Lebermoos, das wahrscheinlich von CORDA nach dem Typus angefertigt wurde. Es liegt bei der Aufsammlung im Herbarium des Nationalmuseums in Prag (PR).

Auch eine Nachsuche in Prag war bisher wenig ergiebig. Im Herbarium an der Karlsuniversität (PRC) konnte bei Stichproben kein ihm zuordenbarer Herbarbeleg gefunden werden und auch in Průhonice (PR) fand sich vorerst nur der Typusbeleg von *Preissia italica* CORDA (1829: 647). Dem kümmerlichen Rest dieses Lebermooses liegt nur ein kleines Zettelchen mit der Aufschrift „Italia. PREISS" und einem Vermerk gleicher Handschrift, daß er aus der Sammlung von J. HELFER stamme, bei. Das PREISS-Herbar wurde nämlich von HELFER gekauft, dessen Herbar später von Ed. HOFFMANN erworben wurde und schließlich sollen sie allesamt im Herbar des Nationalmuseums (PR) gelandet sein (KLÁSTERSKY et al. 1982: 184).

Es war also selbst bei diesem Typusbeleg nicht möglich, eine Schriftprobe von B. PREISS zu erhalten. Dafür lag überraschend eine Tafel mit aquarellierten Details zu *Preissia* dem Beleg bei, die offensichtlich von CORDA stammt und nicht publiziert wurde (Abb. 15).

Nach PREISS wurden folgende Gattungen benannt:

Preissia OPIZ, Seznam rostlin květene české: 79 (1811) *Preissia strigosa*, nom nud.

Typus: *Avena strigosa* SCHREBER

Preissia CORDA *(Hepat. - Marchantiaceae)*, in OPIZ, Naturalientausch 12 (Beitr. Naturg.1): 647 (1829)

Typus: *Preissia italica* CORDA

Preissites KNOWLTON, Bull. Torrey Bot. Club 21: 458, 24.10.1894

Typus: *Preissites wardii* KNOWLTON

Ein fossiles Lebermoos aus dem Eozän

Als Erweiterung und Fortsetzung seines Salzburger Bändchens erschien in Prag 1823 das Buch "Rhizographie ...". Wie er darin selbst erwähnt, standen ihm in Prag durch Prof. MIKAN und DUCHEK der botanische Garten, durch Prof. TAUSCH der Garten des Grafen CANAL, durch SKALNIK der fürstlich Lobkowitzische Garten, durch MAKOWSKY der gräflich Salmische Garten und schließlich der Garten von NOWAK zur Verfügung (PREISS 1823, XXII). PRESL, OPIZ, MALY und MANN brachten ihm man-

Rhizographie,

oder

Versuch einer Beschreibung und Eintheilung

der

Wurzeln, Knollen und Zwiebeln der Pflanzen,

ihrer

verschiedenen Lagen, Formen, Oberflächen, Gränzen und Nebentheile, nebst kurzen Betrachtungen über ihr Entstehen und Fortpflanzen, mit einigen anatomisch-physiologischen Bemerkungen.

Von

Balthasar Preiß,

kais. kön. östr. Regiments-Arzt von Baron Kutschera Infanterie, Doctor der Chirurgie und Medicin, der Josephinischen Akademie zu Wien, der botanischen Gesellschaft in Regensburg Mitglied, Inhaber der kön. bayerischen Sanitäts-Decoration.

Prag, 1823.

Zu haben beym Verfasser, Wassergasse, Nro. 697, und bey Anton C. Kronberger, Buchhändler in Prag, Altstadt, Nro. 146.

Abb. 16: Titelseite des Buches "Rhizographie ...", das B. PREISS 1823 in Prag veröffentlichte.

che Wurzelexemplare von ihren botanischen Exkursionen mit. MALY, der 1823 seine Dissertation veröffentlichte, zitiert darin bereits die "Rhizographie".

Es dürfte nicht uninteressant sein, welche Arten er darin abgehandelt hat. Angeordnet in 10 Tafeln sind es immerhin 183 Arten:

Tab. I: 1. *Thlaspi Bursa pastoris*, 2. *Plantago media*, 3. *Apium Petroselinum*, 4. *Arctium Bardana*, 5. *Tussilago Farfara*, 6. *Dictamnus albus*, 7. *Anemone nemorosa*, 8. *Polypodium vulgare*, 9. *Malva rotundifolia*, 10. *Gratiola officinalis*, 11. *Saponaria officinalis*, 12. *Acorus Calamus*, 13. *Asarum europaeum*, 14. *Scandix temula*, 15. *Ranunculus lingua*, 16. *Androsace lactea*, 17. *Hypnum molluscum*, 18. *Epidendrum elongatum*, 19. *Anemone Hepatica*, 20. *Gentiana pannonica*, 21. *Fragaria vesca*.

Tab. II: 1. *Paris quadrifolia*, 2. *Triticum repens*, 3. *Convallaria majalis*, 4. *Aegopodium Podagraria*, 5. *Oxalis Acetosella*, 6. *Viola odorata*, 7. *Euphorbia Cyparissias*, 8. *Verea crenata*, 9. *Hedera Helix*, 10. *Equisetum arvense*, 11. *Typha angustifolia*, 12. *Glechoma hederacea*.

Tab. III: 1. *Atropa Belladonna*, 2. *Chaerophyllum sylvestre*, 3. *Tanacetum vulgare*, 4. *Eryngium campestre*, 5. *Bryonia alba*, 6. *Althaea officinalis*, 7. *Lychnis dioica*, 8. *Glycyrrhiza glabra*, 9. *Salvia pratensis*, *10. Polygala vulgaris*, 11. *Coronilla varia*, 12. *Linaria vulgaris*, 13. *Sanseviera carnea*, 14. *Polygonum Bistorta*, 15. *Geum urbanum*, 16. *Arnica montana*.

Taf. IV: 1. *Scirpus acicularis*, 2. *Ranunculus acris*, 3. *Adonis vernalis*, 4. *Trollius europaeus*, 5. *Digitalis purpurea*, 6. *Iris Pseudacorus*, 7. *Jungermannia radicans*, 8. *Scabiosa succisa*, 9. *Plantago major*, 10. *Mercurialis annua*, 11. *Gloxinia maculata*, 12. *Angelica Archangelica*, 13. *Caltha palustris*, 14. *Asphodelus lutens*, 15. *Butomus umbellatus*, 16. *Juncus bufonius*, 17. *Cactus grandiflorus*, 18. *Lepidium alpinum*.

Tab. V: 1. *Lathraea Squamaria*, 2. *Cymbidium Corallorhiza*, 3. *Convallaria multiflora*, 4. *Euphorbia dulcis*, 5. *Pulsatilla pratensis*, 6. *Asparagus officinalis*, 7. *Solanum dulcamara*, 8. *Dentaria enneaphylla*, 9. *Primula officinalis*, 10. *Aspidium Filix mas*, 11. *Epipactis Nidusavis*, 12. *Impatiens Nolitangere*, 13. *Asclepias Vincetoxicum*, 14. *Helleborus niger*, 15. *Polygonum Hydropiper*, 16. *Iris germanica*, 17. *Statice Armeria*, 18. *Dentaria bulbifera*, 19. *Daucus Carota*.

Tab. VI: 1. *Brassica Rapa*, 2. *Raphanus sativus*, 3. *Brassica Napus*, 4. *Tussilago Petasites*, 5. *Centaurea Cyanus*, 6. *Cucubalus Behen*, 7. *Tragopogon pratense*, 8. *Anthericum liliago*, 9. *Hypericum perforatum*, 10. *Hyoscyamus niger*, 11. *Salix*. 12. *Prunus Cerasus*, 13. *Astrantia major*.

Tab. VII: 1. *Melilotus officinalis*, 2. *Lotus corniculatus*, 3. *Schmidtia utriculata*, 4. *Lysimachia vulgaris*, 5. *Convolvulus sepium*, 6. *Lycopodium clavatum*, 7. *Ranunculus lanuginosus*, 8. *Rumex acetosa*, 9. *Drosera longifolia*, 10. *Stachys palustris*, 11. *Urtica urens*, 12. *Potentilla alba*, 13. *Sempervivum tectorum*, 14. *Phleum nodosum*, 15. *Juncus bulbosus*.

Tabelle VIII: 1. *Ranunculus asiaticus*, 2. *Ficaria ranunculoides*, 3. *Scandix bulbosa*, 4. *Cyperus esculentus*, 5. *Cyrilla pulchella*, 6. *Symphytum tuberosum*, 7. *Haemanthus puniceus*, 8. *Convallaria japonica*, 9. *Ranunculus bulbosus*, 10. *Veratrum album*, 11. *Doronicum Pardalianches*, 12. *Campanula rapunculoides*, 13. *Sagittaria sagittifolia*, 14. *Cnicus canus*, 15. *Triglochin palustre*, 16. *Allium angulosum*, 17. *Avena bulbosa*, 18. *Androsace villosa*, 19. *Valeriana officinalis*.

Tab. IX: 1. *Apium graveolens*, 2. *Paeonia officinalis*, 3. *Iris germanica*, 4. *Cicuta virosa*, 5. *Scrophularia nodosa*, 6. *Helianthus tuberosus*, 7. *Cyclamen europaeum*, 8. *Arum maculatum*, 9. *Alisma Plantago*, 10. *Solanum tuberosum*, 11. *Sedum telephium*, 12. *Spiraea Filipendula*, 13. *Orchis morio*, 14. *Orchis conopsea*, 15. *Aconitum Napellus*, 16. *Hemerocallis flava*, *17. Fumaria bulbosa*, 18. *Pelargonium triste*, 19. *Glycine Apios*.

Tab. X: 1. *Gladiolus communis*, 2. *Ixia crocata*, 3. *Allium sativum*, 4. *Saxifraga granulat*a, 5. *Allium sibiricum*, 6. *Allium Cepa*, 7. *Galanthus nivalis*, 8. *Tulipa Gesneriana*, 9. *Imperialis coronata*, 10. *Crocus vernus*, 11. *Fritillaria Meleagris*, 12. *Lilium martagon*, 13. *Colchicum autumnale*, 14. *Allium senescens*, 15. *Allium rotundum*, 16. *Allium nigrum*, 17. *Allium sphaerocephalum*, 18. *Allium Moly*, 19. *Allium Scorodoprasum*, 20. *Oxalis incarnata*, 21. *Lilium bulbiferum*, 22. *Allium Victorialis*, 23. *Allium ursinum*, 24. *Poa bulbosa*, 25. *Allium Porrum*, 26. *Leucojum vernum*, 27. *Allium reticulatum*, 28. *Allium ascalonicum*, 29. *Antholyza aethiopica*, 30. *Allium carinatum*, 31. *Lilium tigrinum*.

PREISS war Arzt und als solcher wollte er bessere Beschreibungen der Wurzeln liefern, um die offensichtlich häufig vorgekommenen Verwechslungen von Heil-

pflanzen mit Giftpflanzen zu verhindern. Er hat die unterirdischen Organe genau beschrieben, soweit sie eben Verwendung gefunden hatten, also eine gewisse Dicke vorhanden war, die eigentlichen Wurzeln sind dadurch oft nur als Fasern und Zasern mehr kursorisch und nebenbei noch erwähnt worden. Sein Werk ist demnach der Pharmakognosie zuzuordnen, die bis dahin keine derart genaue morphologische Beschreibung der Wurzeln kannte.

PREISS setzt sich mit der Terminologie der Wurzel eingehend auseinander und hat eine wohldurchdachte Bearbeitung der Wurzeln i. w. S. errichtet, über die das nachstehende Inhaltsverzeichnis Einblick gewährt.

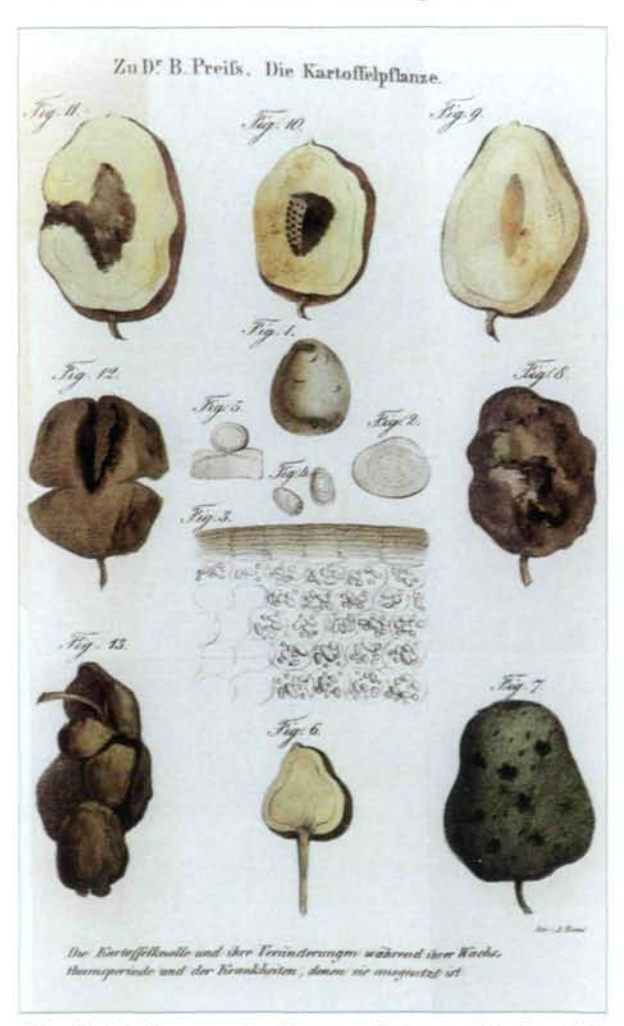


Abb. 17: Abbildung aus dem Buch von B. PREISS, "Die Kartoffelpflanze, ...".

Das allmählich entstandene bessere und übersichtlichere System der Pflanzen, regte gewiß dazu an, die einzelnen Arten genauer kennenzulernen. Die vielen Drogenlieferungen aus aller Welt zwangen dazu, die wirksamen von den unwirksamen, falschen, unterscheiden zu lernen. Nach BERG (1865: I) und GANZINGER (1940: 185) war es niemand geringerer als SCHLEIDEN (1847), der erste anatomische Untersuchungen, und zwar an den Wurzeln der Sarsaparilla (*Smilax* sp.), durchführte. Diese, zur Behandlung der Syphilis verwendete Wurzeldroge wurde aus Amerika importiert. Nach BERGER (1960: 432) stammten die verschiedenen Handelsdrogen von mindestens 7 *Smilax*-Arten.

Corneille Antoine Jean Abram OUDEMANS (* 7.12.1825, Amsterdam, + 29.8.1906, Arnhem) gab bald darauf zur niederländischen Pharmakopöe einen anatomischen Begleitband heraus. Beeindruckend ist dann bereits der "Anatomische Atlas zur pharmazeutischen Waarenkunde" von Otto Karl BERG (* 18.8.1815, Stettin, Preußen, + 20.11.1866, Berlin), der im Jahre 1865 erschienen ist. Diese Werke inspirierten schließlich dann auch die Wiener Pharmakognosten, anatomische Untersuchungen an allen verwendeten Drogen und den damit absichtlich und unabsichtlich verwechselten Arten anzustellen.

In Wien wurde erst 1849 von SCHROFF eine eigene Vorlesung über Pharmakognosie gehalten. Er hat hier als ei-

ner der ersten Pharmakognosten auch konsequent das Mikroskop benutzt. Wenn es in seinen Veröffentlichungen auch noch keine anatomischen Abbildungen gab, so hat er doch auf Grund seiner Studien in seinem "Lehrbuch der Pharmacognosie" (1853, 2. Auflage 1869) die anatomischen Verhältnisse bestimmter Drogen und gewisse mikrochemische Reaktionen ihrer Inhaltsstoffe beschrieben.

Karl Damian **SCHROFF** (Abb. 18) wurde am 12.9.1802 in Kratzau in Böhmen (heute: Chrastava, CR) geboren. Sein Vater Michael war dort herrschaftlicher Wundarzt und Geburtshelfer. Karl besuchte die deutsche Schule des Städtchens und beendete das Gymnasium und die philosophischen Studien in Prag. Anschließend studierte er dort Medizin. 1830 erhielt er die Professur der theoretischen Medizin für Wundärzte an der Universität in Olmütz, 1835 wurde er Professor desselben Faches an der Universität in Wien. Im Jahre 1849 wurde ihm die Lehrkanzel der allgemeinen Pathologie und Pharmakologie übertragen, wobei noch neu die Pharmakognosie hinzukam. SCHROFF, der 1874 aus dem Lehramt schied, ist am 17.6.1887 in Graz gestorben.



Abb. 18: Karl Damian SCHROFF (1802-1887). Ölbild am Pharmakognostischen Institut der Universität Wien.

Weil die Arzneimittellehre zu seiner Zeit noch weitgehend auf kritiklose Überlieferung alter Vorstellungen beruhte, hat er sich bemüht, ihre experimentelle Untersuchung voranzutreiben. Er kann somit zu den Begründern der experimentellen Pharmakognosie gezählt werden.

Erst sein Nachfolger VOGL hat sich speziell der mikroskopischen Anatomie gewidmet. Er hat dann 1887 einen "Anatomischen Atlas zur Pharmakognosie" mit 60 Tafeln in Holzschnitt, die vom Xylographen MATOLONI druckreif gemacht wurden, herausgebracht (Abb19a/b zeigt Originalzeichnungen von seiner Hand).

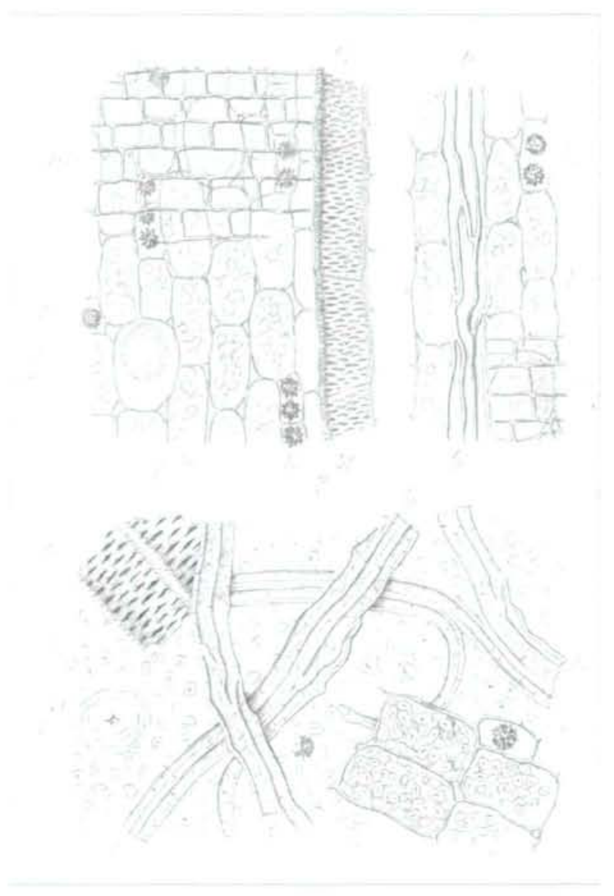


Abb. 19: Anatomische Zeichnungen von "Radix Althaeae", der Eibischwurzel, und "Radix Bardanae", der Klettenwurzel, die A. VOGL als Vorlage für die Abbildungen in seinem Buch "Anatomischer Atlas zur Pharmakognosie" (1887) dienten.

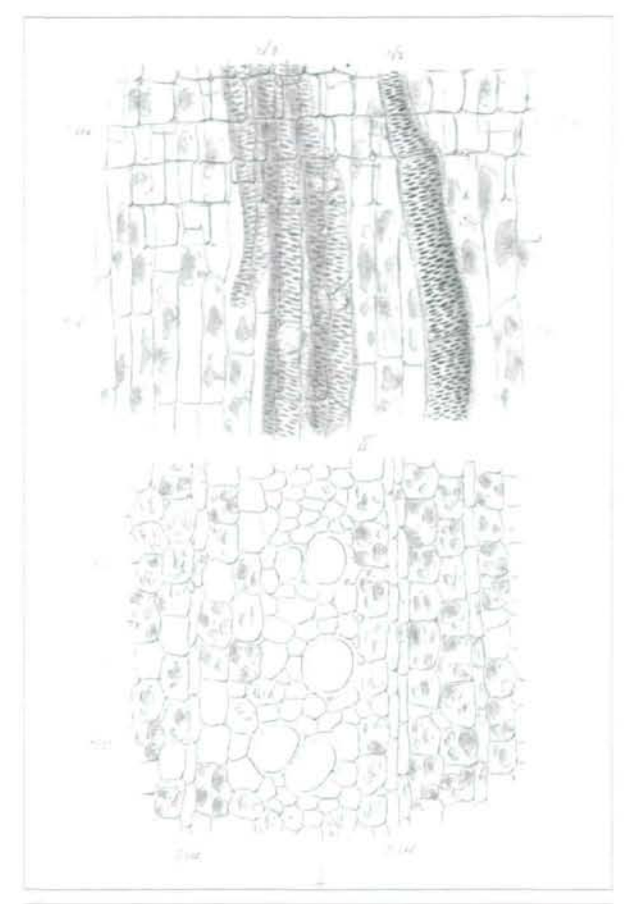




Abb. 20: August E. VOGL (1833-1909).

August Emil VOGL (Abb. 20) wurde am 3.8.1833 in Mährisch-Weißkirchen (heute: Hranice,CR) geboren. Sein Vater war dort Apotheker. Früh schon sammelte er Mineralien, Pflanzen etc. VOGL trat 1846 in das Olmützer Gymnasium ein. Er botanisierte nebenbei in der näheren und weiteren Umgebung von Olmütz, M.-Weißkirchen und Kremsier und trat mit anderen Botanikern in Tausch- und Briefverkehr, so z. B. mit J. WIESNER in Brünn. Weiters veröffentlichte er damals schon eine Flora von Olmütz. Im Jahre 1854 machte er die Matura mit Auszeichnung und besuchte dann den höheren Lehrkurs der 1854 wieder eröffneten und neu eingerichteten medizinisch-chirurgischen Josefs- Akademie in Wien. Als er sich auf die Rigorosen vorbereitete, brach der italienisch-österreichische Krieg aus. Er wurde als provisorischer Oberarzt auf den Kriegsschauplatz gesendet, wo er in Nabresina und Mantua zum Einsatz kam. Für ihn war dies besonders hart, weil er weniger für Chirurgie als für Botanik schwärmte. In Mantua verliebte er sich in eine Italienerin, die er ein Jahr später als Frau heimführte und mit der er schließlich 4 Kinder hatte. Nach Beendigung des Krieges kehrte er nach Wien zurück und erwarb den Grad eines Doktors der gesamten Heilkunde. Er wurde am Josephinum Assistent auf der Lehrkanzel für Naturgeschichte (bei C. v. ETTINGSHAUSEN) und konnte nun Botanik nach Herzenslust betreiben. 1864 habilitierte er sich an der medizinischen Fakultät der Wiener Universität. Er wurde 1866 zum Regimentsarzt befördert und war daraufhin bis 1867 in diversen Militärspitälern im Einsatz bis er die Stelle eines Bibliothekars am Josephinum erhielt. Zwei Jahre später wurde er Adjunkt am chemischen Laboratorium von Prof. SCHNEIDER, wo er gerichtlich-chemische und -mikroskopische Untersuchungen machte.

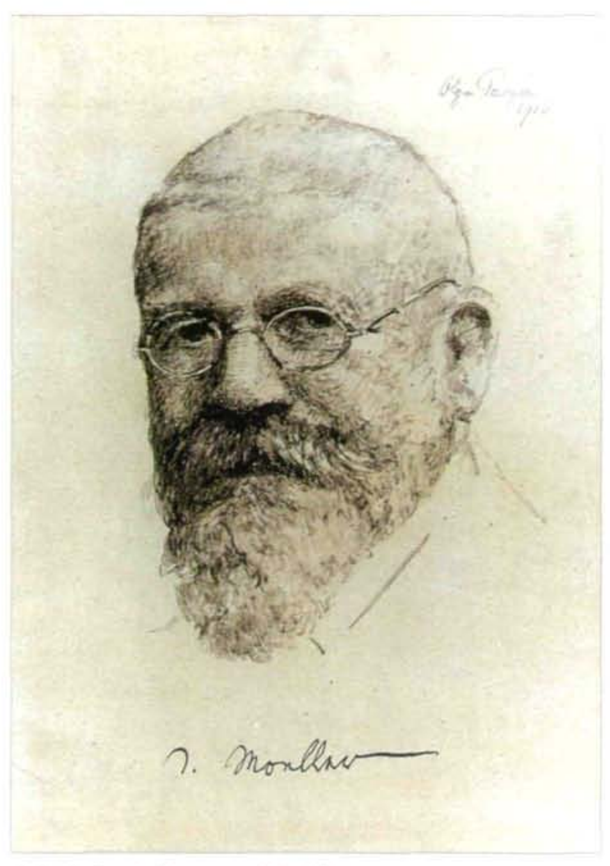
Im Frühjahr 1870 ging er als Professor für Botanik und Zoologie an das deutsche Polytechnikum in Prag. Bereits 1874 konnte er zwischen zwei Berufungen wählen. An der forstlichen Hochschule in Mariabrunn war die Stelle nach J. WIESNER, an der Wiener medizinischen Fakultät die nach SCHROFF frei. Er entschied für letztere und wurde o. Professor für Pharmakognosie und Pharmakologie und war damit am Ziele seiner Wünsche. Er begann mit der mikroskopischen Erforschung der Pflanzendrogen, die nach den zeitgenössischen Methoden der Pflanzenanatomie unter entwicklungsgeschichtlichen und mikrochemischen Aspekten zu großer Vollkom-

menheit entwickelte und der sein ganzes späteres Lebenswerk gewidmet war. Im Jahre 1904 emeritierte er. Am 25.7.1909 ist er in Bozen gestorben.

VOGL hat im Verlaufe der Jahre fünfzigtausend mikroskopische Untersuchungen durchgeführt, den histologischen Feinbau beschrieben und gezeichnet. Darunter befanden sich natürlich auch viele Wurzeln. Eigenständige Publikationen hat er über Anatomie und Histologie der unterirdischen Teile von *Convolulus arvensis* (1863), und über die Wurzel von *Taraxacum officinale* (1863) verfaßt, 1866 veröffentlichte er eine Arbeit über Gerbstoffe in unterirdischen Pflanzenteilen. 1887 erschien sein „Anatomischer Atlas zur Pharmakognosie"(Abb. 19), 1892 sein Hauptwerk "Pharmakognosie, ein Lehr- und Handbuch". VOGLs Verdienst ist es auch, daß die mikroskopischen Merkmale der Drogen in der Pharmakopoea Austriaca VII von 1889 mit beispielhafter Genauigkeit beschrieben wurden und daß daher fortan in jeder österreichischen Apotheke ein Mikroskop für derartige Untersuchungen vorhanden sein mußte.

Nach VOGL leitete 4 Jahre lang Wilhelm MITLACHER (geb. 3.2.1872 in Wien) interimistisch das Institut, bis MOELLER sein Amt antrat. MITLACHER ist der Gründer der österreichischen Arzneipflanzenkulturen in Korneuburg. Den 40-jährigen raffte am 15.1.1913 in Wien eine Influenza hinweg.

Josef **MOELLER** (Abb. 21) wurde am 21.3.1848 in Pápa, Kom. Veszprém, in Ungarn geboren. Er studierte an der Universität Wien Medizin, wo er am 16.5.1873 promoviert wurde. Nach kurzer ärztlicher Tätigkeit wurde er 1874 Assistent bei seinem eben nach Wien zurückberufenen Lehrer VOGL. Ab 1877 arbeitete er als Adjunkt an der Forstlichen Versuchsanstalt in Mariabrunn bei Wien. Auf Grund seiner am 16.2.1884 erfolgten Habilitation an der Universität Wien wurde er mit 1.10.1886 ordentlicher Professor der Pharmakologie und Pharmakognosie an der medizinischen Fakultät in Innsbruck. In diesen Jahren veröffentlichte MOELLER seine „Mikroskopie der Nahrungs- und Genußmittel aus dem Pflanzenreiche" (1886), die zuletzt 1928 in der Bearbeitung von C. GRIEBEL eine dritte Auflage erlebte. Hier entstanden auch sein „Lehrbuch der Pharmakognosie" (1899) und der seinem Lehrer VOGL gewidmete „Phamakognostische Atlas" (1892). Weit über den Bereich der österreichisch-ungarischen Monarchie hinaus wirkte MOELLER durch die gemeinsam mit Ewald GEISSLER (1848-1898) zwischen 1886 und 1891 in zehn Bänden herausgegebene „Realenzyklopädie der gesamten Pharmazie". Im Jahre 1893 erhielt er einen Ruf als Ordinarius nach Graz, wo er die Nachfolge von Karl SCHROFF jun. antrat. Während seiner Grazer Zeit verfaßte er u.a. einen „Leitfaden zu mikroskopisch-pharmakognostischen Übungen" (1901) und in Zusammenarbeit mit Hermann THOMS (1859-1931) nahm er die 2. Auflage der „Realenzyklopädie" in Angriff. Mit Entschließung vom 19.9.1908 wurde er an die Universität nach Wien berufen. Im Jahre 1916 trat er aus gesundheitlichen Gründen vorzeitig in den Ruhestand. Am 4.10.1924 ist er in Graz gestorben.


Abb. 21: Joseph MOELLER (1848-1924).

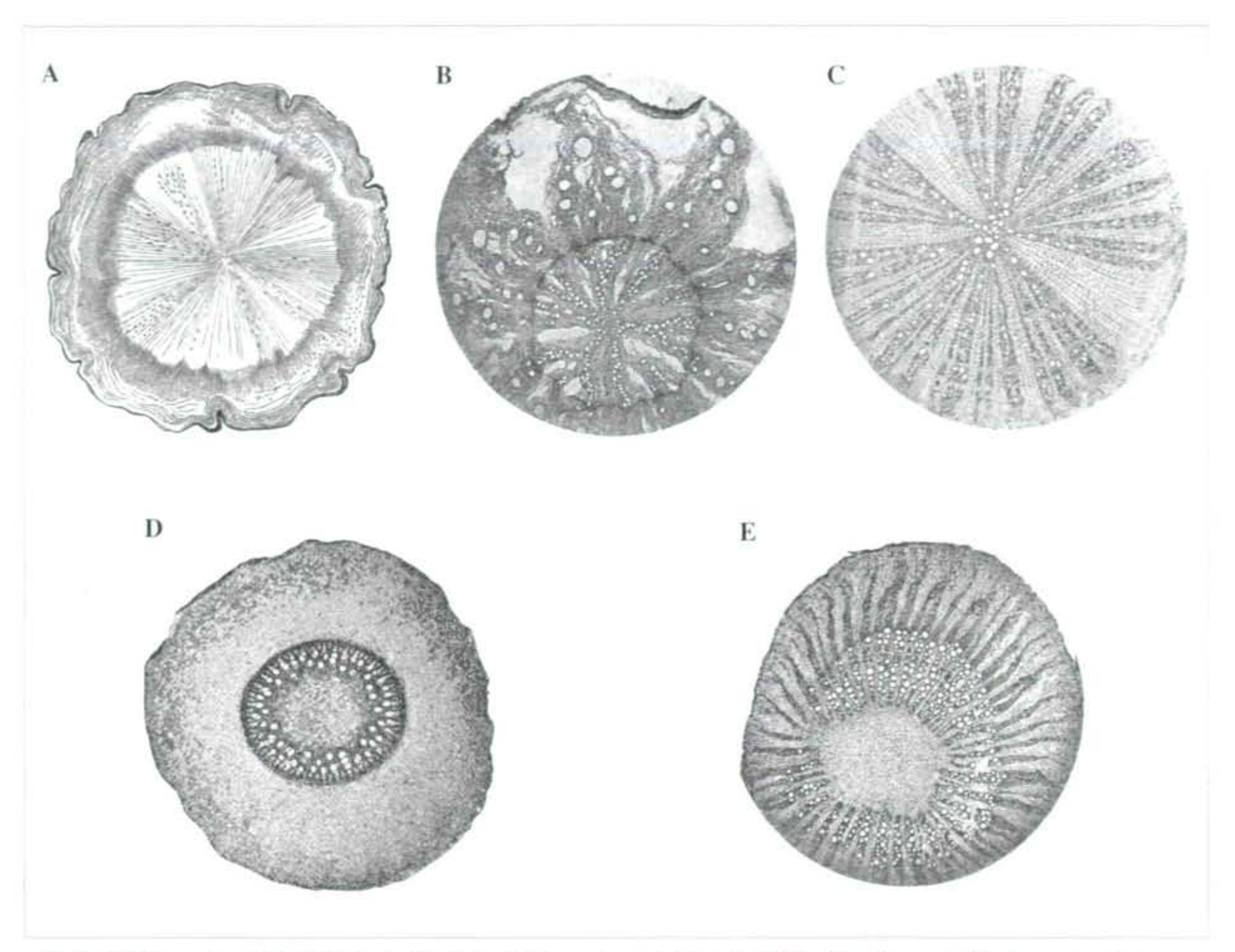


Abb. 22: Abbildungen aus MOELLER´s Buch "Lehrbuch der Pharmakognosie" 2. Aufl., 1906: **A** Wurzelquerschnitt in Lupenvergrößerung gezeichnet: Radix Gentianae. Fotographien von Querschnitten: **B** Radix Angelicae, **C** Radix Ononidis, **D** Radix Sarsaparillae, **E** Radix Liquiritiae.

Sowohl VOGL als auch MOELLER besaßen eine große Fertigkeit in der zeichnerischen Darstellung der von ihnen untersuchten Objekte. Sie schufen selbst die Vorlagen zu zahlreichen Abbildungen ihrer Werke. Von beiden sind noch viele Handzeichnungen im Wiener Pharmakognostischen Institut vorhanden. Natürlich haben sie auch die Anatomie vieler Wurzeldrogen untersucht. Neben Zeichnungen hat MOELLER auch Fotografien der Wurzelquerschnitte in seinen Werken eingebracht (Abb. 22).

Als Nachfolger von MOELLER hätte sich die Medizinische Fakultät in Wien Alexander TSCHIRCH, den damals unbestritten bedeutendsten Pharmakognosten des deutschen Sprachraums gewünscht, sie hat deshalb mit ihm Verbindung aufgenommen.

Der am 17.10.1856 in Gieben in Preußen geborene Wilhelm Oswald Alexander TSCHIRCH (Abb. 23) hatte sich 1885 in Berlin als Dozent für Botanik und Pharmakognosie habilitiert und war ab 1890 Professor für Pharmakognosie an der Universität in Bern. Durch seine vielseitigen Forschungen und zahlreichen Publikationen, vor allem aber mit seinem seit 1908 erscheinenden „Handbuch der Pharmakognosie" war er zum führenden Vertreter seines Faches geworden. Die Berufungsverhandlungen blieben aber ergebnislos, TSCHIRCH kam nicht nach Wien. Er ist am 2.12.1939 in Bern gestorben.

So erfolgte die Ernennung von Richard WASICKY zum Vorstand des Pharmakognostischen Institutes in Wien.

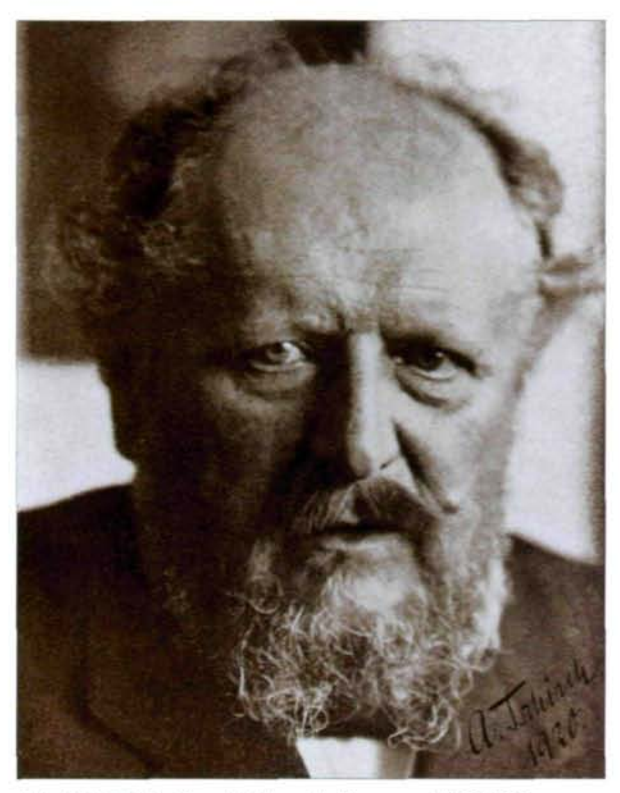


Abb. 23: Wilhelm Oswald Alexander TSCHIRCH (1856-1939).



Abb. 24: Robert WASICKY (1884-1970).

Die große Zeit der Anatomie in der Pharmakognosie ist mit MOELLER ausgeklungen. Nicht, daß sie bedeutungslos geworden wäre, nein, beileibe nicht! Noch heute werden mithilfe der Anatomie Drogen bestimmt. Die Anatomie gehört zu jenen Fertigkeiten, die ein Apotheker erlernen muß. Es entstehen also laufend noch Diplomarbeiten und Veröffentlichungen, die ganz oder teilweise wurzelanatomische Untersuchungen enthalten. Die Forschung hat sich aber vermehrt den Inhaltsstoffen, der Chemie zugewandt. Bei MOELLERS Nachfolger WASICKY ist diese Schwerpunktsänderung bereits deutlich zu bemerken, wiewohl er in seinem „Leitfaden für die Pharmakognostischen Untersuchungen im Unterricht und in der Praxis" (1936) den Wurzeldrogen die Seiten von 222-307 widmet.

Robert **WASICKY** (Abb. 24) wurde am 6.2.1884 in Teschen (die Stadt wurde 1920 zwischen Polen und Tschechei aufgeteilt, der tschechische Teil heißt heute Český Těšín) im ehemaligen österreichischen Schlesien geboren. Er studierte in Wien zunächst Pharmazie (1906), dann Medizin und wurde 1911 zum Doktor der gesamten Heilkunde promoviert. Bereits 1910 hat ihn MOELLER als Assistent eingestellt und 1914 habilitierte er sich für das Fach Pharmakognosie. Nach der Pensionierung MOELLERS übernahm er 1916 die provisorische Leitung des Institutes, wurde 1920 zum a.o. Professor und definitiven Vorstand des Institutes und 1921 mit 37 Jahren zum o. Professor für Pharmakognosie ernannt. Damit öffnete sich ihm ein weites Betätigungsfeld, wenn auch unter den schwierigen Verhältnissen der Jahre nach dem I. Weltkrieg. In seinem „Lehrbuch der Pharmakognosie" (1929-1932) waren die Arzneidrogen erstmals nicht nach morphologischen Gesichtspunkten, sondern mit Rücksicht auf ihre therapeutische Verwendung angeordnet. Mit dem Anschluß Österreichs an das Deutsche Reich 1938 mußte WASICKY das Land verlassen. Nach kürzeren Aufenthalten in der Schweiz und in Frankreich hat er sich in São Paulo in Brasilien niedergelassen. Seine Emeritierung erfolgte 1954. Am 9.8.1970 ist er in São Paulo gestorben.

1942 erschien das „Praktikum der Pharmakognosie" von Robert FISCHER. Ein Buch, das bis heute (inzwischen in der 5. Auflage, unter der Betreuung von Th. KARTNIG) einen wertvollen Ratgeber für die morphologisch-anatomische Untersuchung von Drogen, aber auch für deren Gehalts- und Wertbestimmung mittels physikalischer, chemischer und biologischer Methoden in Ausbildung und Berufspraxis darstellt. FISCHER hat weiters 3 Publikationen über Wurzeln verfaßt.

Robert **FISCHER** wurde als der jüngste von 3 Söhnen des Apothekers C. FISCHER am 15.8.1903 in Innsbruck geboren. Nach Besuch des Gymnasiums absolvierte er in seiner Vaterstadt das Studium der Pharmazie und legte die Aspirantenprüfung ab. Anschließend dissertierte er am Institut für Pharmakognosie an der Universität in Innsbruck. Im Jahre 1927 wurde er zum Doktor phil. promoviert. FISCHER wurde Assistent am selben Institut und habilitierte sich 1930 für das Fach Pharmakognosie. Im Jahre 1939 nahm er einen Ruf als Vorstand des Instituts für Pharmakognosie an die Universität Graz an. Durch 35 Jahre stand er diesem Institut vor. Am 9.1.1996 ist er in Graz gestorben.

Das Pharmakognostische Institut der Universität in Graz besteht erst seit 1939. Prof. KARTNIG war so freundlich, mir die, an seinem Institut entstandenen Diplomarbeiten mitzuteilen, die sich mit Wurzeln auseinandersetzten (GUNZER 1979, FRIESENBICHLER 1979, SCHMID 1979, KOBIERSKI 1980, HOLZMANN 1983, ERHARDT 1983, HIRSCHBÖCK 1984, ZARFL 1986, MELCHER 1988, BAUER 1990, SCHANTL 1990, ULLRICH 1991, ERBINGER 1992, PENGG 1979). KARTNIG & GUNZER 1984) berichten über die Ermittlung der Inhaltsstoffe der Wurzeln von 12 Solanaceen-Arten, darunter *Mandragora*, *Atropa* und *Hyoscyamus*.

Obwohl sein 7-bändiges „Handbuch für Drogenkunde" keiner einschlägigen Bibliothek fehlen wird und gerne als Nachschlagewerk verwendet wird, hat der Autor Franz BERGER keine großen Nachrufe erfahren. Ihm haftet nämlich ein Makel an. Er ist nicht Pharmazeut, sondern „nur" Drogist gewesen! Auch ein österreichisches Phänomen!

Der 5. Band seines Handbuches handelt ausschließlich über Wurzeldrogen, alleine deshalb ist es höchst angebracht, BERGER hier anzuführen. Wie viele weitere Arbeiten über Wurzeln sich unter seinen über 400 Publikationen befinden, konnte noch nicht festgestellt werden. Franz **BERGER** (Abb. 25) wurde am 26.10.1909 in Wien geboren. Er entstammte einer kleinen Beamtenfamilie, in der die Not allgegenwärtig war. Besonders schwer hatte es seine Mutter während des I. Weltkrieges, da ihr Mann von 1914 bis 1918 im Felde stand und dann außerdem noch ein Jahr in Kriegsgefangenschaft zubringen mußte. An einen Mittelschulbesuch war deshalb nicht zu denken. Er erlernte daher den Beruf eines Drogisten in der Firma Chemosan und widmete seine Freizeit der Botanik. Beim Besuch von Vorträgen von R. WETTSTEIN, VIERHAPPER, GINZBERGER und GRAFE bildete er sich weiter. Auf Empfehlung von WETTSTEIN kam er an die Volkshochschule in Wien XVI, wo er von 1929 bis 1938 ständig Kurse für Botanik, insbesondere Nutzpflanzen, hielt. Schon 1931 wurde er in Anerkennung seiner wissenschaftlichen Arbeiten Abteilungsleiter der



Abb. 25: Franz BERGER (1909-1965).

Drogenabteilung der Chemosan-Union A.G., und der Klinik Prof. KERL als Botaniker zugeteilt. Dort arbeitete er mit seinem Chef, Doz. Dr. E. URBACH, an den Problemen der Pollenallergie. Mehrere wissenschaftliche Veröffentlichungen und das Buch URBACH & BERGER „Das Heufieber und seine Behandlung" zeugen von der Ergiebigkeit dieses Themas. Seine Urlaube gehörten ausschließlich der Botanik: In Bosnien, Dalmatien und der Herzegowina arbeitete er pflanzengeographisch. Im Herbst 1931 wurde ihm von der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien die Dr. H. LUMPE-Stiftung zur Bearbeitung der Vegetationsverhältnisse der Halbinsel Peljesac zuerkannt. Damals hat er über 1000 Spannblätter Herbarmaterial mitgebracht. Die große Ausbeute an Meeresalgen wurde von SCHIFFNER bearbeitet, der 1933 über 20 neue Arten und Varietäten und sogar die neue Gattung *Pseudogelidium* beschrieb. Gemeinsam mit GINZBERGER publizierte er „Die Systematik und Verbreitung von *Centaurea ragusina* und *Centaurea lungensis* in den Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien (1933). Neben etlichen eigenen Veröffentlichungen in dieser Zeit hat er zusammen mit URBACH „Die Behandlung des Heufiebers mit artspezifischen Gräserblüten-Propeptanen" verfaßt. Die Arbeiten an der Klinik Prof. KERLS führten zwangsläufig zur Phänologie. In die umfangreiche Arbeit „Die phänologischen Verhältnisse Wiens als Grundlage der Behandlung der Pollenallergie" sind seine jahrelangen Beobachtungen eingeflossen. Als Leiter der Drogen-Abteilung waren natürlich viele Publikationen der Drogenanatomie gewidmet. Arbeiten über Drogenverfälschungen und Drogenbeurteilungen sowie Beschreibungen neuer Heilpflanzen des Auslandes folgten. Im Jahre 1940 erschien von WIETHE & BERGER „Die biologische Behandlung des Heufiebers auf peroralem Weg". Von 1946 an arbeitete er an seinem auf 6 Bände geplanten Werk „Handbuch der Drogenkunde". Der 1. Band erschien bereits 1949, der 5. Band mit den Wurzeldrogen 1960! Posthum kam dann noch ein 7. Band heraus.

Im Jahre 1949 erschien sein Lehrbuch für Berufsschulen „Die Ausbildung des Drogisten", Band 1, und 1954 kam der 2. Band dazu heraus. 1956 erschien im Österreichischen Apotheker-Verlag die 2. Auflage vom „Synonyma-Lexikon" mit über 1200 Druckseiten. Ein Werk, das in aller Welt Anerkennung gefunden hat. Zur Durchführung all dieser Projekte hat er sich in jahrelanger Arbeit ein Privatlaboratorium geschaffen, eine große Bibliothek zusammengetragen und eine Drogensammlung aufgebaut.

Im Jahre 1953 legte er an der Universität in Graz die Berufsreifeprüfung ab. Er übernahm dann die Direktion der Berufsschule für Kleinhandel in Wien III. Ab 1953 studierte er nebenberuflich an der Universität in Wien Botanik. Seine Dissertation „Zur Samenanatomie der Zingiberaceen-Gattungen *Amomum*, *Aframomum* und *Elettaria*" hat er 1957 eingereicht. Am 19.12.1957 wurde er zum Dr. phil. promoviert. Nun wurde er noch zum Berufsschulinspektor ernannt. Und am 28.3.1965 hat er in Wien für immer seine Augen geschlossen.

Es scheint, daß BERGER wohl der letzte war, der einen derart umfassenden Überblick über sämtliche Drogen zu Papier brachte. Die Forschung entwickelt mit einer immer größeren Rasanz neue Methoden, die ungeheuer viele Einzelheiten zu erheben erlauben. Das Organ Wurzel steht zwar nicht im Mittelpunkt der Forschungen, doch werden weitgestreut Einzeldaten an Wurzeln erhoben, die gesammelt werden sollten.

Gerade für die Pharmazie ist nicht nur das richtige Erkennen der Drogen wichtig, sondern vor allem die darin enthaltenen Stoffe.

Im Jahre 1944 entwickelten CONSDEN, GORDON & MARTIN die Papierchromatographie, die erstmals Einblicke in die Zusammensetzung komplexer Stoffgemische in analytischem Maßstab erlaubte. Damit war der Anfang für eine breite Anwendung auf dem Gebiet der Naturstoffchemie und somit auch für die Untersuchung pflanzlicher Wirkstoffe gemacht. Weltweit wurde dieses neue faszinierende Verfahren nun angewandt, um eine Unzahl neuer Naturstoffe zu entdecken (Alkaloide, Glykoside usw.). Die vielen Flecken, das bunte Bild, das viele Arzneipflanzenextrakte auf dem Papierchromatogramm zeigen, regten an, möglichst viele Pflanzenstoffe rein zu gewinnen und ihre chemische Struktur aufzuklären. Detaillierte Analysen vieler Proben einer Pflanzenart

oder verwandter Taxa ermöglichten die Erfassung und den Vergleich chemischer Merkmale, die Chemotaxonomie trat auf den Plan.

Mit dem Buch "Dünnschichtchromatographie" war es E. STAHL (1962) gelungen, das an und für sich bereits 25 Jahre bekannte Verfahren so darzustellen, daß diese Methode weltweit in jedem Laboratorium zur Anwendung kommen konnte. Sie hat dann in noch größerem Ausmaß als die Papierchromatographie dazu beigetragen, die Inventarisierung der Stoffe des Pflanzenreiches voranzutreiben. Im selben Jahr kam der erste Band der "Chemotaxonomie der Pflanzen" durch R. HEGNAUER (1962) in Leiden heraus, das bis heute 10 Bände und 2 Nachtragsbände umfaßt. Das Verdienst HEGNAUERS ist es, in diesem Werk nicht nur ein möglichst vollständiges und aktuelles Verzeichnis der bekannten Pflanzenstoffe zu präsentieren, sondern die Angaben tausender Autoren, kritisch gesichtet, miteinander verknüpft und auf ihre taxonomische Relevanz geprüft zu haben. In den Jahren nach 1960 wurden dann noch die Gaschromatographie und spektroskopische Verfahren eingeführt, die eine rationellere Reindarstellung von Pflanzenstoffen und routinemäßige Strukturaufklärung erlaubten.

Mehrere der vielen neuen Untersuchungsmethoden, die zur Verfügung stehen, werden in der Pharmakognosie an Wurzeldrogen bereits angewandt. Eine davon ist die Zell- und Gewebekultur. Die Untersuchungen zielen dabei zwar in erster Linie darauf ab, einen industriellen Nutzen aus den pflanzlichen Inhaltsstoffen zu ziehen, doch werden dabei auch viele grundlegende Erkenntnisse gewonnen.

Durch Anwendung bio- und gentechnologischer Methoden, z. B. Mikropropagation, Transformierung mit Agrobacterien und Biotransformation von Sekundärstoffen, werden neue Welten erschlossen. Einen Überblick über diese neuen Methoden gibt SAUERWEIN (1991). Ein Beispiel: Agrobacterien sind die Erreger pflanzlicher Tumoren. *Agrobacterium tumefaciens* bildet den „Wurzelkropf" (= crown gall disease), das amerikanische *A. rhizogenes* die Haarwurzel- oder Wollknotenkrankheit (= hairy root disease). In beiden Fällen wird nach Infektion mit dem Bakterium spezielle DNS, das Ti- (= tumor inducing), beziehungsweise das Ri- (root inducing) Plasmid, auf die Pflanze übertragen. In das Plasmid kann auf gentechnologischem Wege weitere DNS integriert und damit auf die Pflanze übertragen werden. Aus den transgenen Tumoren können dann Pflanzen regeneriert werden. Da insbesondere "hairy roots" stark verlängerte Wurzelhaare mit hoher Sekundärstoffproduktion aufweisen und leicht kultivierbar sind, bietet sich die Möglichkeit zur direkten Nutzung der transgenen Kulturen.

Die moderne Forschung eröffnet ungeahnte Möglichkeiten, die Wurzelforschung wird sich ihrer bedienen müssen!

5. Malpighi und Grew: Wurzelforschung begann mit einem Paukenschlag

Ein halbes Jahrhundert nach der Erfindung des Mikroskops durch JANSSEN wurde dieses Instrument wesentlich verbessert durch den Engländer Robert HOOKE, sodaß genauere pflanzenanatomische Untersuchungen bei etwa hundertzwanzigfacher Vergrößerung möglich wurden.

Robert HOOKE (geboren 1635 auf der Insel Wight, gestorben 1703 in London) wurde bereits mit 27 Jahren in die Royal Society gewählt und war hier jahrzehntelang verantwortlich für die Planung und Vorbereitung der allwöchentlich vorzuführenden Experimente. HOOKE war ein Mann von ungewöhnlicher technischer Begabung. Er erfand die Federunruhe in der Uhr an Stelle des Schwerependels (1658), erkannte die Konstanz von Schmelz- und Siedepunkt, entdeckte vor BOYLE den Zusammenhang zwischen Druck und Volumen der Gase, beschäftigte sich mit der Mechanik der Himmelskörper, fand das nach ihm benannte Elastizitätsprinzip (die Verlängerung ist proportional der Kraft), stellte für die Grenze des Auflösungsvermögens des Auges einen Sehwinkel von 1' fest usw. Auch betätigte er sich erfolgreich als Architekt.

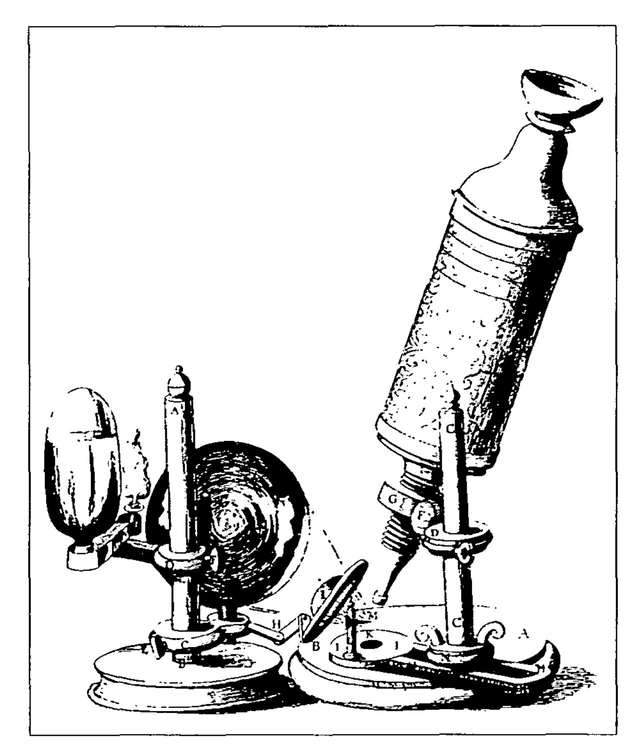


Abb. 26: HOOKE's Mikroskop.

Für die Biologie bedeutsam ist seine Verbesserung des Mikroskops, dem er eine Form und Ausstattung (zur Untersuchung der Objekte im auffallenden Licht) gab, die im Prinzip noch dem heutigen Gerät zugrunde liegt (Abb. 26). In seiner „Micrographia" (1665) zeigt HOOKE die vielseitige Verwendbarkeit dieses Instruments. So untersuchte er den Feinbau botanischer Gegenstände, z.B. des Flaschenkorks, des Marks verschiedener Pflanzenstengel (z.B. von Fenchel, Möhre, Klette), der Epidermis und der Brennhaare der Brennessel, eines versteinerten Holzes, verschiedener Schimmelpilze, eines Laubmooses usw. Dabei erkannte er, daß der Pflanzenkörper wie eine Bienenwabe aufgebaut sei. Die Hohlräume nannte er „cells" (= Zellen), „pores", „boxes" oder „caverns", die von „solid interstitia" oder „walls" voneinander getrennt sind. Beim Flaschenkork zählte HOOKE sechzig solcher „cells" auf 1/18 inch (= 1,4 mm). Systematisch erforscht hat HOOKE aber den inneren Bau der Pflanze nicht. Dies taten Männer, die schon zur Zeit des Erscheinens von HOOKE's „Micrographia" mit der Mikroskopie des Pflanzenkörpers begonnen hatten: MALPIGHI und GREW. Fast gleichzeitig (1671) legten sie die Ergebnisse ihrer pflanzenanatomischen Studien der "Royal Society" vor, während sie ihre Hauptwerke erst später erscheinen ließen.

Marcello MALPIGHI (Abb. 27) wurde am 10.3.1628 in Crevalcuore bei Bologna geboren. Er studierte zunächst Philosophie, dann Medizin und wurde 1656 Professor in Bologna (kurze Zeit auch in Pisa und Messina), wo er auch seine pflanzenanatomischen Studien durchführte. 1691 berief ihn Papst INNOCENZ XII. als Leibarzt nach Rom; er starb dort 1694. MALPIGHI wird als ernster, melancholischer, sehr arbeitsamer Mann geschildert.

Zunächst führte MALPIGHI anatomische Studien an Tieren durch: über die Seidenraupe (erste embryologische Untersuchung eines Insekts), über die Entwicklung des

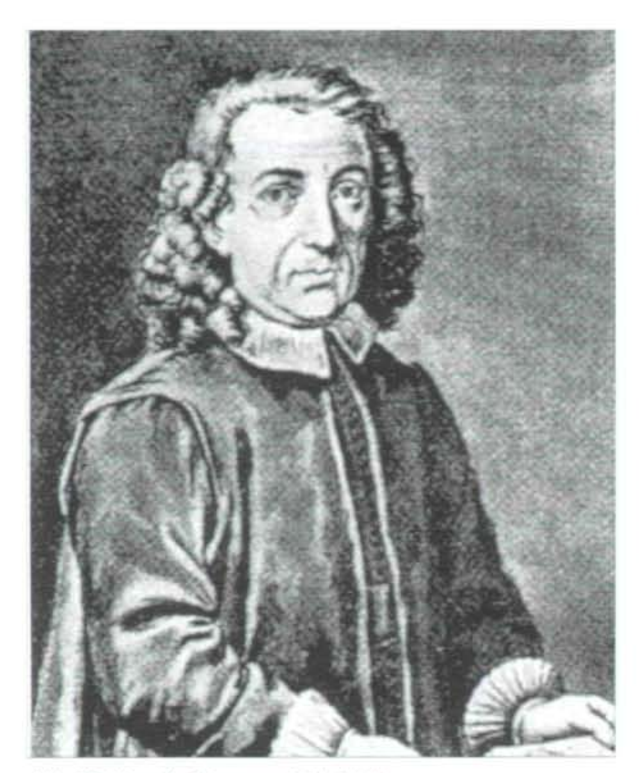


Abb. 27: Marcello MALPIGHI (1628-1694).

Hühnchens, über Drüsen (wobei er die „Malpighischen Gefäße" entdeckte, paarige, in den Enddarm mündende Kanäle von Nierenfunktion bei Krebsen, Spinnen und Insekten), über die Struktur der Lunge (Verbindung der Arterien und Venen durch Kapillaren!) usw. Aufgrund dieser hervorragenden Leistungen wurde MALPIGHI zum Mitglied der Royal Society in London ernannt. An diese Gesellschaft sandte er ab 1671 auch die Ergebnisse seiner pflanzenanatomischen Studien, die er 1675 in seiner „Anatome plantarum" zusammenfaßte.

In der Einleitung zu diesem Werk („Anatomes plantarum idea") gibt er eine gedrängte Stoffübersicht und setzt seine Ansichten über Bau und Funktion der Organe und Gewebe auseinander. Im Hauptteil des Werkes werden dann die verschiedenen Gewebe bzw. Organe in allen Einzelheiten beschrieben und auf sauberen Kupfertafeln abgebildet. Zunächst behandelt MALPIGHI die Rinde, wo er die längsverlaufenden Faserbündel und die querverlaufenden „utriculi" (= Markstrahlen) unterscheidet. Bezüglich der Funktion der Rinde meint er, daß der Saft in den Fasern aufsteigt und in den querverlaufenden Zellreihen zum Nahrungssaft umgebildet wird und daß von der Rinde das sekundäre Dickenwachstum des Stammes ausgeht.

Vom Holz weiß MALPIGHI, daß zwischen den Faserbündeln die meist in konzentrischen Kreisen angeordneten Spiralgefäße („vasa spiralia") liegen, die er wegen ihrer Spiralverdickung mit den Tracheen der Insekten vergleicht. Bei *Ficus* beobachtete er die Milchröhren. Die Markstrahlen verlaufen „wie die Speichen eines Rades von der Peripherie aus nach dem Mark". Das sekundäre Dickenwachstum studierte er an *Castanea*, wobei er erkannte, daß „in jedem Jahr ein neuer Holzring entsteht".

An zahlreichen Gehölzen untersuchte MALPIGHI die Winterknospen und die Blattfolge beim Austreiben dieser Knospen. Von den Blättern wird nicht nur ihre äußere Form und ihre Stellung beschrieben, sondern auch ihr Ansatz, die Anatomie des Stiels, der Verlauf der Blattspuren sowie der Leitbündel innerhalb der Blattspreite. Die Blätter dienen nach MALPIGHI der Verarbeitung der Nahrung. „Der verarbeitete Saft fließt von den Blättern in den Stengel zurück ..., damit er für die zarte Knospe gebraucht wird". „Denselben Dienst leisten die Blätter wahrscheinlich den Samen".

Die Blüten werden mit vorbildlicher Sorgfalt beschrieben und abgebildet, z.B. *Avena*, *Orchis*, *Helianthus*, *Ficus*, *Passiflora*, *Arum*, *Rosa* usw., ferner das Wachstum des Fruchtknotens und die Entwicklung der Frucht. Hier wird erstmals ein Farnsporangium geschlossen und geöffnet abgebildet.

Besondere Aufmerksamkeit widmet MALPIGHI dem Bau des Embryos und der Keimung des Samens. Den Samen der Pflanzen vergleicht er mit dem Ei der Tiere, „das den aus den wesentlichen Teilen bestehenden Fötus einschließt".

Ein umfangreiches Kapitel ist den Gallen gewidmet, deren Verursachung durch Tiere klar erkannt wird. Insgesamt beschreibt MALPIGHI über sechzig verschiedene Gallen, darunter auch die Wurzelknöllchen der Legumi-

nosen. In weiteren Abschnitten behandelt er die krankhaften Geschwülste und Auswüchse der Pflanzen, z.B. Kallusbildungen, Äcidien von Rostpilzen, die Wirrzöpfe von Weiden, eine durchwachsene Rosen-Blüte usw., ferner Haare, Stacheln, Dornen, Ranken und „Pflanzen, die auf anderen wachsen": Misteln, Flechten, Moose, Schimmelpilze.

Im letzten Abschnitt ist von den Wurzeln der Pflanzen die Rede, wobei auch Rhizome und Zwiebeln besprochen werden.

Der Engländer Nehemiah **GREW** (Abb. 28) wurde 1641 in Coventry geboren. Nach seiner Promotion in Leiden ließ sich GREW in seiner Heimatstadt als Arzt nieder. Wegen seiner hervorragenden pflanzenanatomischen Arbeiten wurde er an die Royal Society nach London berufen, wo er am 25.3.1712 starb.

Den ersten Teil seines pflanzenanatomischen Werkes („The Anatomy of Plants begun") legte GREW am gleichen Tage der Royal Society gedruckt vor, an dem MALPIGHIS erste Abhandlung einlief, am 7.12.1671. Das

Abb. 28: Nehemiah GREW (1691-1712).

Hauptwerk „The Anatomy of Plants" erschien erst 1682, ein Folioband von 304 Seiten mit 83 Tafeln.

GREW war nur Pflanzenanatom; deshalb zieht er nirgends Vergleiche mit dem Tierkörper, wie es MALPIGHI tut. Während dessen „Anatome plantarum" eher einer Zusammenstellung von Einzelabhandlungen gleicht, ist GREW's „Anatomy of Plants" ein gründliches Lehrbuch. Es wurde noch fast zweihundert Jahre später, 1864, von JESSEN vor allem wegen seiner „schönen, übersichtlichen Abbildungen für den ersten Unterricht in der Pflanzenanatomie" als „noch jetzt sehr schätzbares Werk" bezeichnet. (Abb. 36).

Das persönliche Verhältnis zwischen GREW und MALPIGHI war gekennzeichnet durch größte gegenseitige Hochachtung. GREW wollte in seiner Bescheidenheit seine Forschungen einstellen und das Arbeitsfeld der Pflanzenanatomie MALPIGHI überlassen. Die Royal Society aber drängte ihn, seine Arbeit fortzusetzen, und ernannte ihn zum Curator für Pflanzenanatomie, worin GREW auch eine Ehrung MALPIGHIS sah. Dieser empfand die gleiche Achtung für GREW und übersetzte dessen Werk für seinen eigenen Gebrauch ins Lateinische.

In der Widmung seines Werkes an König KARL II. von England schreibt GREW den ahnungsvollen Satz: "In sum, Your Majesty will find, that we are come ashore into a new World whereof we see no end".

Eingedenk der Tatsache, daß sich das Werk dieser beiden hervorragenden Männer mit völligem Neuland befaßte, kann man ihre Leistungen gar nicht genug bewundern.

Die Originalbände sind schwer zugänglich. Von GREW's "The Anatomy of Plants" erschien zwar 1965 in New York und London ein Nachdruck und auch von MALPIGHI's "Opera omnia" ist einer 1975 in Hildesheim & New York herausgekommen, doch haben beide offensichtlich nicht die gebührende Verbreitung gefunden. Aus diesem Grunde ist es uns ein Anliegen, die Kapitel über die Wurzeln im Original wiederzugeben.

MALPIGHI's Werk hat MÖBIUS (1901) auszugsweise aus dem Lateinischen ins Deutsche übersetzt und kommentiert. **A. AMON, M. PFOSSER und W. RESCH** haben sich der Mühe unterzogen, aus GREW's Werk die Abschnitte, die Wurzeln betreffend, aus dem Englischen ins Deutsche zu übersetzen.

MALPIGHI hat in einigen Kapiteln Angaben über Wurzeln gemacht. So gibt er in seinem Einleitungskapitel "Anatomes Plantarum Idea" eine Übersicht über den Inhalt der geplanten Artikel. Über die Wurzeln schreibt er folgendes: (MÖBIUS 1901: 20-22):

„Wie jedermann weiß, hat die Natur die Pflanzen und die übrigen ähnlichen Gewächse mit Wurzeln begabt, durch die sie Nahrung aufsaugen und sich befestigen. Bei den Bäumen aber sind die Wurzeln ein Teil des Stammes, der zuerst in Äste geteilt, sich schließlich in haarfeine Auszweigungen auflöst, und so sind die Bäume nichts anderes, als einzelne kleine im Boden verlaufende Röhren, die sich allmählich in Bündel vereinigen, die ihrerseits weiter zu anderen stattlicheren verbunden, schließlich alle in einen, meistens zylindrischen Körper verschmelzen und den Stamm bilden; derselbe läßt am entgegengesetzten Ende, indem die Röhren wieder auseinandertreten, die Äste hervorsprossen, und erreicht unter allmählicher Teilung der größeren Bündel in kleinere und schließlicher Verbreiterung in die Blätter sein letztes Ziel. Die letzten Wurzeläste also bestehen bei den Bäumen aus ein oder zwei Tracheen, die von einem holzigen Röhrengeflecht so umgeben werden, daß die dazwischenliegenden Räume spitze Winkel bilden, beim weiteren Wachstum der Wurzel aber, indem sich mehrere Würzelchen vereinigen, füllen die glänzenden, haarartigen Holzfasern die Zwischenräume zwischen den Tracheen aus; sie werden von einer sehr dicken und weichen Rinde umgeben; und bei einigen pflegt das äußerste Ende der Wurzel mit einem Anhang wie mit einer kleinen Plazenta versehen zu sein; an ihrem Umfang aber sind sie mit weichen Haaren wie mit einer Wolle besetzt. Die Rinde setzt sich, wie gewöhnlich, aus horizontal angeordneten Zellen zusammen, auch treten holzige Fasern und besondere Milchsaftgefäße auf, was beim Maulbeerbaum und anderen zu sehen ist. In den dickeren Wurzeln fangen die Spiralgefäße an in ihrem Verlauf eine Neigung nach dem Zentrum zu einzunehmen; ebenso wird die umgebende Rinde dicker und schließlich wird der Wurzelstock gebildet, an dem alle die geschilderten Eigenschaften noch deutlicher hervortreten. In den dünneren Wurzeln verlaufen die Tracheen nicht alle parallel und gerade, sondern in verschiedener Weise schief und werden angeschwollen, und die feineren Würzelchen krümmen sich so um die Bodenteilchen, als ob sie dieselben mit Händen greifen wollten. Die Einzelheiten will ich abbilden und zeigen, wie die dünneren Wurzeln innen von dem deutlichen Strang der stärkeren Wurzel entspringen.

Da sich bei den übrigen Pflanzen kein Unterschied in der Struktur ergeben wird, so wollen wir zuerst die Wurzeln der Hülsengewächse, als die einfacheren, beschreiben; sie bestehen aus einer ziemlich dicken Rinde, weicheren Holzfasern und Tracheen, die einen zylindrischen Körper bilden, der das Mark der Wurzel darstellt, das nach oben zu röhrenförmig wird; bei einigen Wurzeln aber ist der Holzteil nicht als ein gleichmäßig solider Zylinder ausgebildet, sondern um-

schließt der Länge nach eine mit fleischigem Mark erfüllte Höhlung. Bei anderen Kräutern wie beim Wegebreit (*Plantago*) geben die das Blatt durchziehenden Faserbündel beim Übergang in die Wurzeln ihren geraden Verlauf auf und kreuzen sich untereinander, wobei die Zwischenräume mit saftstrotzenden Zellen ausgefüllt werden, und so entsteht, was man gewöhnlich eine fleischige Wurzel nennt; dann aber trennen sie sich wieder und gehen in dünne und immer dünnere Wurzelfasern aus. Beim Spargel besteht der obere Teil der Wurzel, oder ihr Stock, aus netzförmig verflochtenen Holzfasern, an denen die Zellen sitzen. Von diesem Stock gehen längere, rundliche Wurzeln aus, an denen die Fasern und Wurzelhaare entspringen. Ihren inneren Teil nimmt ein dünner Holzzylinder ein, der aus in einem Kreis angeordneten Tracheen und Holzfasern besteht; der übrige, dickere Teil aber wird gebildet durch die in Längsreihen liegenden Zellen der Rinde. Das Fasergeflecht in der Wurzel des Schilfrohrs will ich auch zu erklären versuchen und abbilden, wie die Faserbündel entspringen und übereinander weglaufen, während sie in die Sprosse und Knospen auszweigen. Ebenso werde ich die Zusammensetzung der Zwiebeln darlegen; dieselben bestehen aus mehreren Häuten oder Hüllen, die mit netzförmig vereinigten und einzelne Tracheen umgebenden Holzbündeln versehen sind, an denen mehrere Schichten von Zellen sitzen, die den äußeren Teil bilden; die Faserbündel aber verlängern sich nach unten, verflechten sich etwas miteinander und bilden das Zentrum der Wurzel; in ihrem weiteren Verlauf aber werden sie nebst den umgebenden Zellen zu den eigentlichen Wurzeln und Wurzelfasern.

Auch von den anderen Knollengewächsen will ich einige Abbildungen geben, besonders von der Rübe (*Brassica rapa*), dem Rettich (*Raphanus*), der Zaunrübe (*Bryonia*) und anderen Pflanzen.

Hinzufügen will ich noch die Bilder von Knollen und einigen Blättern, die dem Boden anliegend aus ihren Rippen Wurzeln erzeugen.

Als Schlußstein wäre einiges über die Lebensweise der Pflanzen anzufügen, ferner über die Funktion ihrer Teile und besonders über den Weg der Nahrung. Aber da dies ein großes Wagestück ist wegen der unsicheren und schwierig auszuführenden Beobachtungen, so will ich nur einiges darlegen, bis sorgfältigere und geübtere Beobachter besseres bringen. Erstens also läßt sich aus dem schon Gesagten mit Sicherheit ableiten, daß es mehrere Gefäße oder Röhrchen bei den Pflanzen gibt. Denn in der Rinde kommen zahlreiche, nach Art der Gefäße durchgebohrte Fasern vor, wie aus dem Gesagten hervorgeht. Ebenso besteht das Holz aus Fasern, von denen einige durch ein Spiralband gebildet werden, andere aber aus kleinen Kügelchen sich zusammensetzen, wie wir berichtet, und schließlich gibt es besondere Gefäße, in denen Milch oder Harz fließt.

Alsbald aber erscheint es zweifelhaft, ob die Fasern der Rinde und des Holzes ihrem Wesen und ihrer Bedeutung nach dieselben sind. Aber die Untersuchung der Kräuter und Umbelliferen macht es wahrscheinlich, daß sie dieselben sind, da auch die Fasern der Rinde durch Verhärtung zu Holz werden können. Sicher dürfte auch sein, daß beiderlei Gefäße Saft führen, da man denselben ja herausfließen sieht. Mit gleicher Sicherheit werde ich nachweisen, daß in den Pflanzen sehr viel Luft enthalten ist, dadurch, daß sie beim Durchschneiden unter Wasser viel Luft abgeben, und daß in ihnen Röhren, die den Atmungsorganen der Insekten sehr ähnlich sind, vorkommen. Zweifelhaft wird es sein, ob die Luft durch die Spitzen und Enden der Wurzeln aufgenommen wird, oder durch die oberen Endauszweigungen, die mit der äußeren Luft in Berührung stehen? Da jedoch die Spiralgefäße oder Tracheen einen wesentlichen Bestandteil der Wurzeln bilden und die Luft leichter aufwärts getrieben wird und so ihre Tätigkeit und Kraft zeigt, so wird deswegen wahrscheinlich die Luft und der Atem aus dem Grunde der Erde geschöpft, wie ich zeigen werde.

Auch werde ich nachweisen, daß man deutlich einen Saft bald von der Art der Milch, bald von der des Gummis, bald von der des Harzes, in einem besonderen Gefäß beobachten kann; deswegen vermute ich, daß in jeder Pflanze ein ihr eigentümlicher Saft in einem besonderen Gefäße vorhanden sei.

Was aber die Bewegung der besprochenen Säfte und ihre Richtung betrifft, so kann ich als sicher angeben, daß er bei manchen auch umgekehrt fließe, da ein Sproß der Feige, Pflaume, Brombeere u. a., wenn er in die Erde gebogen wird, an dem dünneren Ende Wurzeln treibt und zu einem, wenn auch weniger stattlichen Baume auswächst; also ist der Weg des Nahrungssaftes umgekehrt worden.

Ebenso werde ich darlegen, daß eine offenbare gegenseitige Verbindung zwischen den Gefäßen des Nahrungssaftes bestehe, so daß derselbe auch einen queren Verlauf nehmen kann und nicht immer durch dieselbe aufrechte Röhre fließen muß. Man sieht dies daran, daß, wenn bei den Blättern des Kürbis, der Zitronen u. a. einige Adern unterbrochen sind, doch ihre Substanz weiter ernährt wird und fortlebt, obwohl durch die durchschnittenen Röhren die Verbindung unterbrochen ist, indem die Nahrungszufuhr seitlich durch die Röhren vermittelt wird. Dieses Verhältnis erklärt sich durch die netzförmige Verbindung der Gefäße in den Blättern, den Knollen, der Rinde und dem Holzteil".

Im Kapitel "De seminum vegetatione" („Über die Keimung und das Wachstum der Keimpflanzen", MÖBIUS 1901: 73-77) gibt MALPIGHI laufend auch Hinweise auf die Wurzeln der Sämlinge, weshalb seine Tafeln I-VI mit dem Exzerpt von MÖBIUS im folgenden wiedergegeben werden:

„Manche Gattungen von Kräutern scheinen nur zu leben, um Samen zu bilden. Viele Samen müssen eine lange Ruheperiode durchmachen. Einige Beispiele mögen die Entwicklung der Samen veranschaulichen und als erstes dient der Kürbis (*Cucurbita*, Tab. I), von dem die Struktur des Keimlings und die Keimung, die schon am nächsten Tag durch eine Schwellung des Samens und am vierten Tag durch das Heraustreten des Würzelchens bemerklich wird, bis etwa zum 20. Tag beschrieben wird, wobei auch die anatomischen Verhältnisse, besonders der Verlauf der Gefäßbündel berücksichtigt werden.

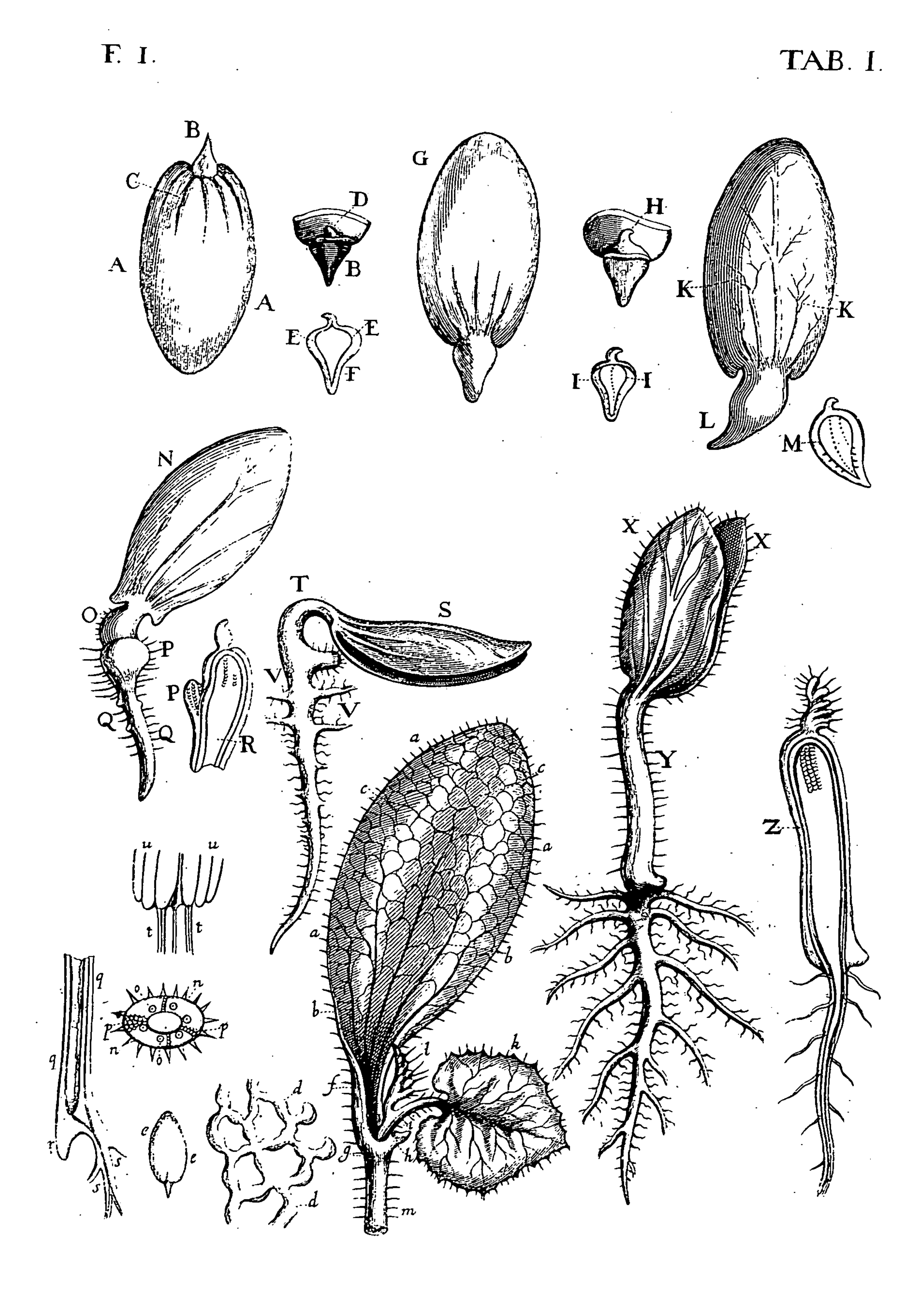
Das zweite Beispiel bietet die Keimung der Schminkbohne (*Phaseolus*), bei der auch die Entwicklung über den 20. Tag hinaus beschrieben wird. Das Auftreten der Knöllchen an den Wurzeln wird erwähnt und abgebildet (Taf. II). In ähnlicher Weise wird beschrieben und abgebildet die Keimung der Saubohne (*Vicia faba* 17, Taf. III) und Erbse (*Pisum sativum*, Taf. IV); bei ersterer werden ebenfalls die Wurzelknöllchen erwähnt und abgebildet.

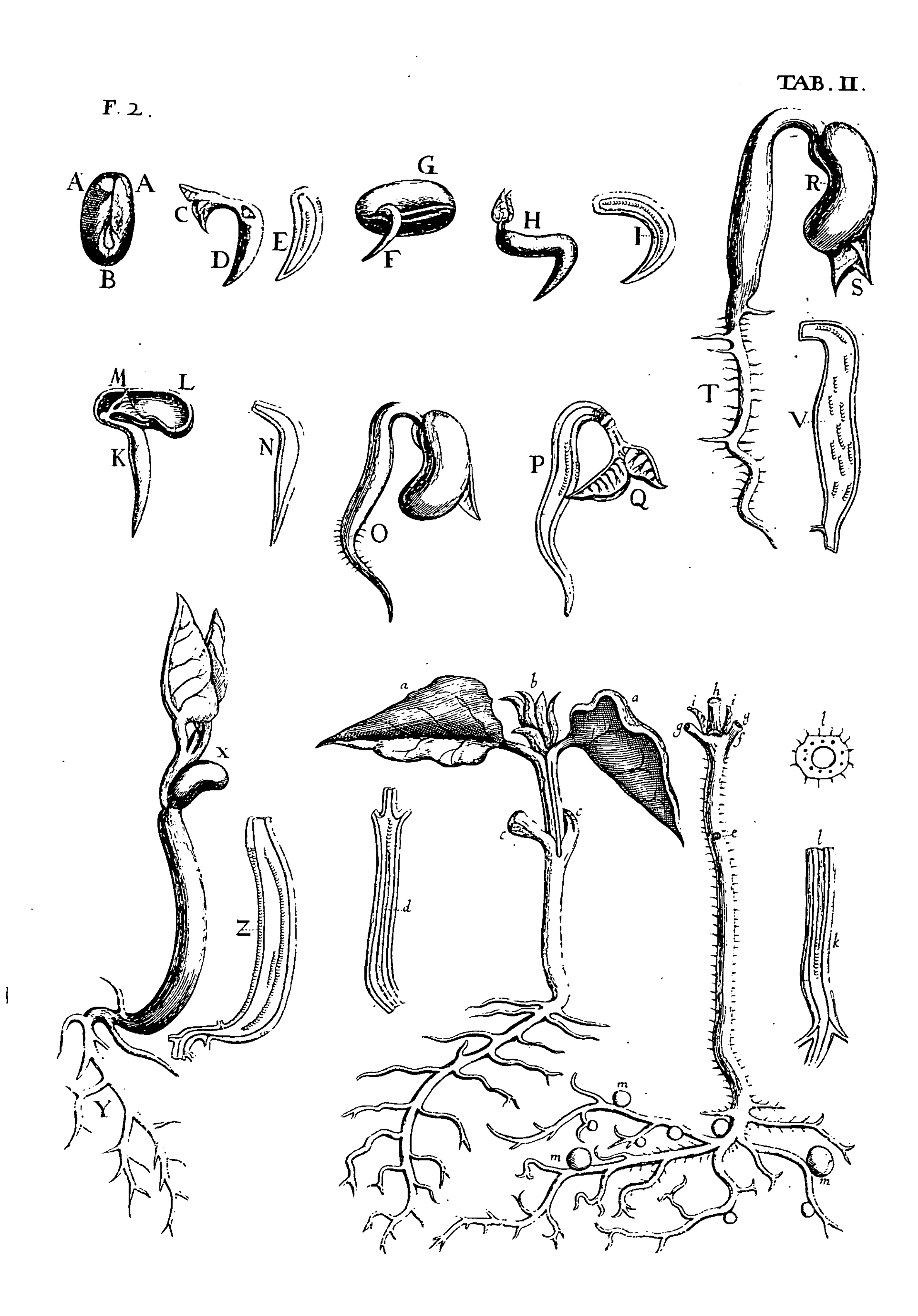
Der Weizen (*Triticum*) soll am schnellsten wachsen, sodaß die Beobachtung von 11 Tagen für die Keimung genügt und nur noch der Zustand nach einem Monat nach der Aussaat erwähnt wird (Taf. V).

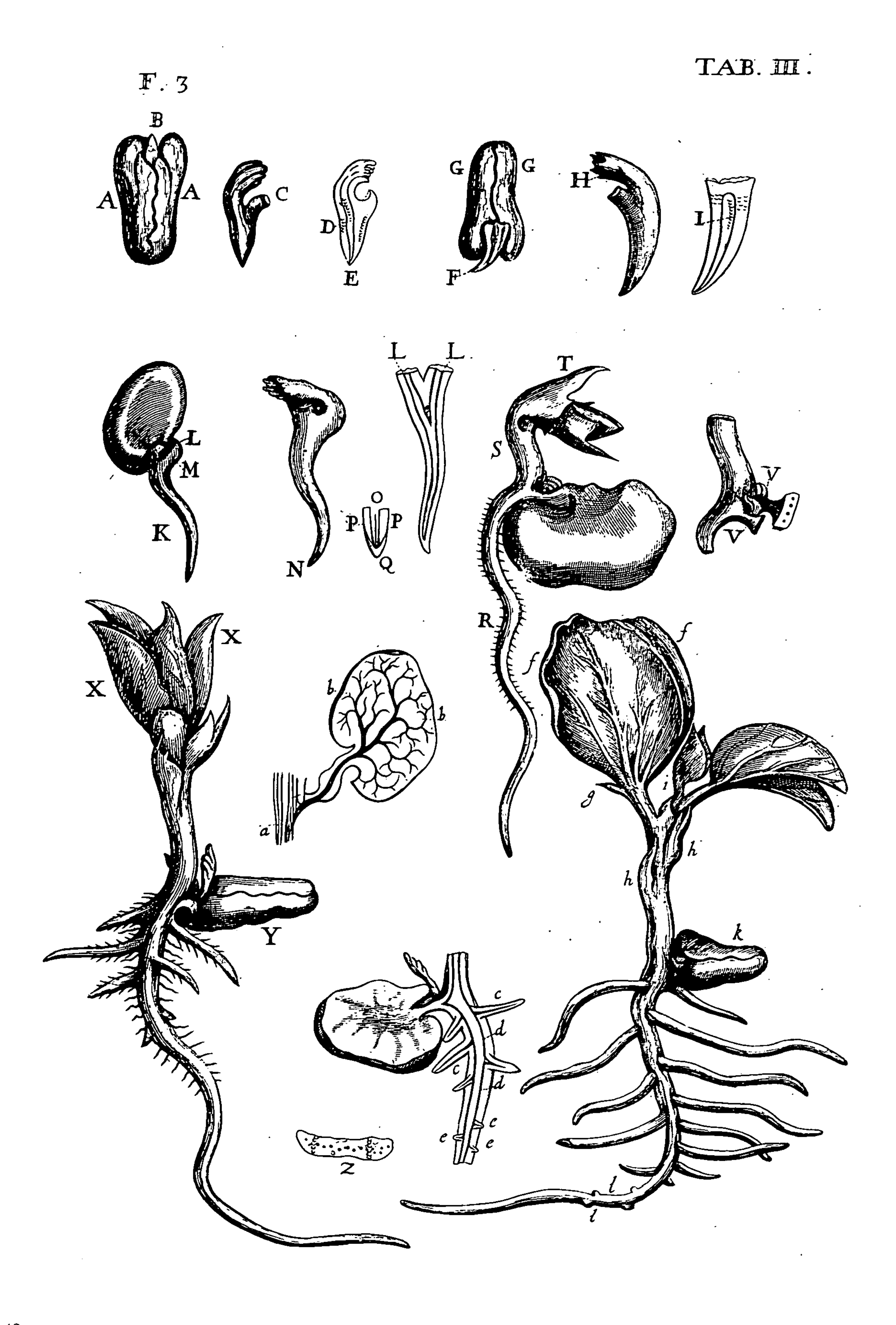
Die Hirse (*Milium*) verhält sich ähnlich wie der Weizen und ihre Keimung wird auf der Taf. VI dargestellt.

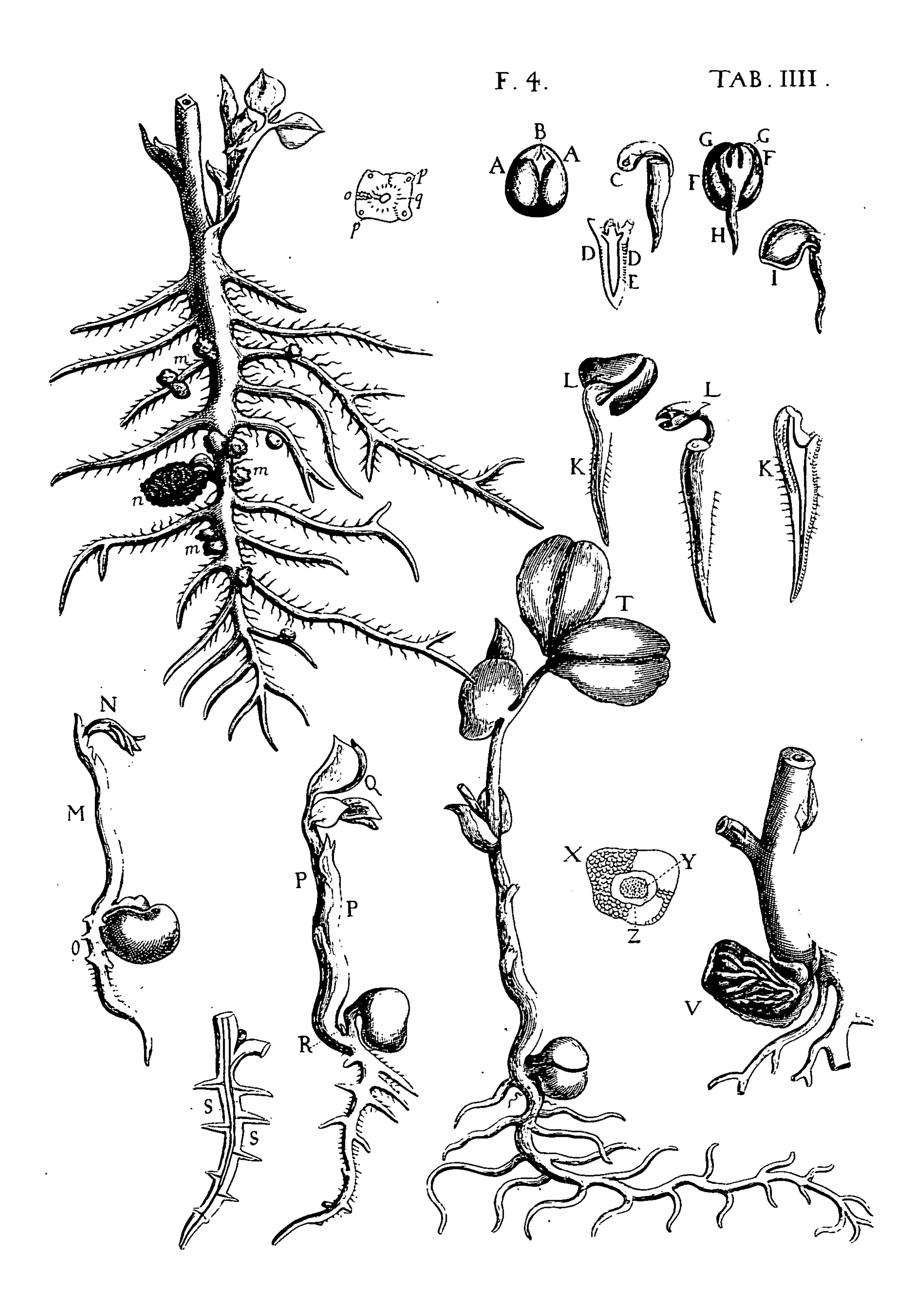
"Diese und ähnliche Erscheinungen treten allenthalben bei den übrigen Samen der Pflanzen oder den Eiern auf, während sie in der bergenden Erde liegen; deshalb habe ich es für überflüssig gehalten, die Keimung und ihren weiteren Verlauf bei den anderen zu beschreiben".

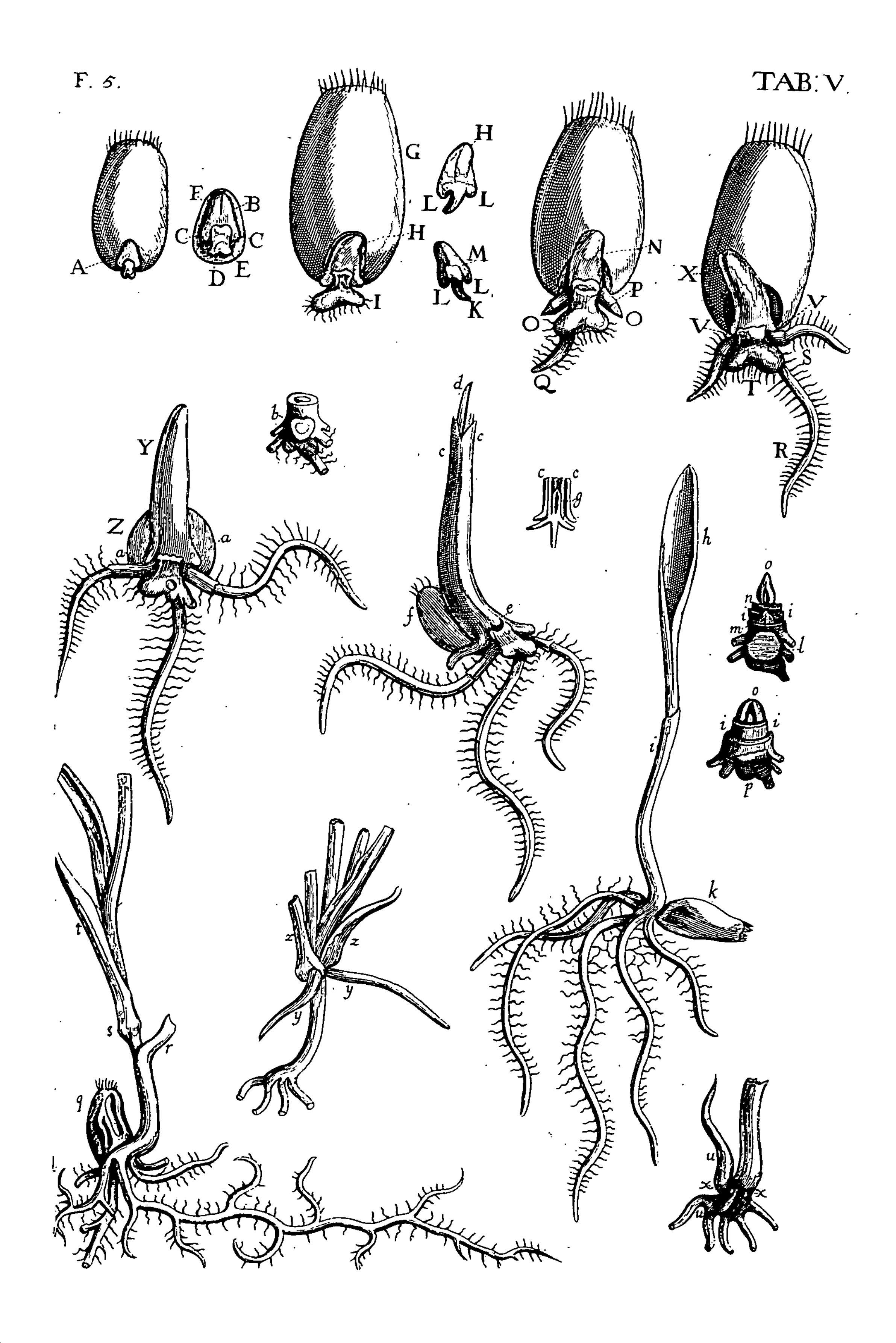
MALPIGHI beschreibt daraufhin Experimente mit Samen von *Vicia* und *Phaseolus*, die vor dem Aussäen im April vier Tage lang mit verschiedenen Flüssigkeiten, wie Salzlösungen, Wein, Urin, Säuren und Alkalien behandelt worden waren, und die dann eine mehr oder weniger verzögerte Keimung zeigten. Ähnliche Versuche wurden im Mai angestellt, die Stoffe aber, die vorher verwendet wurden, sind jetzt gleich der oberen Erdschicht beigemengt. In einer dritten Versuchsreihe, im August, wurden

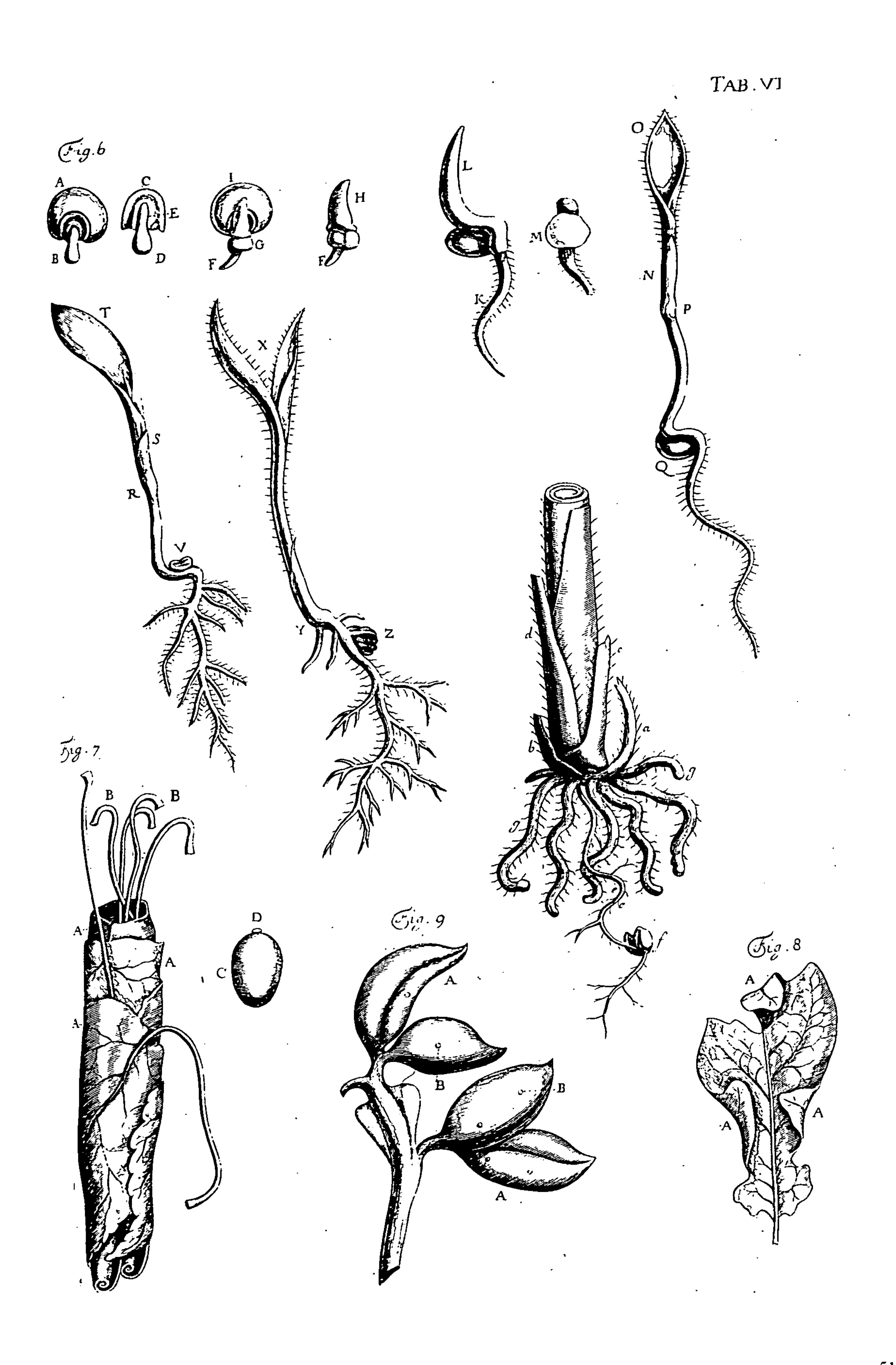

F. I.
TAB. I.
B
C
A
A
D
B
E
E
F
G
H
I
I
K
K
L
M
N
O
P
P
Q
Q
R
T
S
V
V
X
X
Y
Z
u
u
t
t
q
q
r
s
s
n
n
o
o
p
p
e
e
d
d
a
a
a
b
b
c
c
f
g
h
l
k
m


F. 2.
TAB. II.
A
A
B
C
D
E
G
F
H
I
R
S
M
L
K
N
O
P
Q
T
V
X
Z
Y
a
b
a
h
i
i
g
g
f
l
c
c
e
d
l
k
m
m
m


F. 3
TAB. III.
B
A
A
C
D
E
G
G
F
H
I
L
L
L
M
K
N
O
P
P
Q
T
S
V
V
R
X
X
b.
b
a
f
f
g
i
h
h
k
Y
c
d
c
d
c
e
e
Z
l
l


F. 4.
TAB. IIII.
A
B
A
C
G
G
F
F
H
D
D
E
I
o
p
q
p
L
L
K
K
m
m
n
m
T
N
M
O
Q
P
P
R
S
S
X
Y
Z
V


F. 5.
TAB: V.


TAB. VI
Fig. 6
A
B
C
D
E
I
F
G
H
F
L
K
M
O
N
P
Q
T
S
R
V
X
Y
Z
d
a
b
Fig. 7
B
B
A
A
A
D
C
Fig. 9
A
B
B
A
f
Fig. 8
A
A
A

Samen von *Brassica rapa, Lactuca, Cichorium endivia* und *Raphanus* in Töpfe gesät und an jedem Tag oder an jedem zweiten Tag mit einer bestimmten Flüssigkeit begossen, was wiederum eine Verschiedenheit in der Geschwindigkeit der Keimung und manchmal auch im Aussehen der Keimpflanze hervorrief.

Ferner wurde versucht, die Samen von *Vicia faba, Triticum, Ervum lens (Lens culinaris), Phaseolus, Raphanus* und *Lactuca* in Wasser zum Keimen zu bringen, das mit einer Ölschicht bedeckt war,weil er meinte, die Pflanzen brauchen die Wurzeln zum Atmen, aber nur bei *Vicia faba* kam es bis zum Austritt der Wurzel, und danach gingen auch diese, wie die anderen in dem faulenden Wasser zu Grunde.

Von besonderem Interesse sind die Versuche, *Vicia* und *Phaseolus* nach Entfernung der Cotyledonen keimen zu lassen. In zwei Versuchen brachten es nur ein, bzw. zwei Keimlinge von *Vicia faba* zur schwachen Entwicklung und sie gingen am 21. Tag ein.

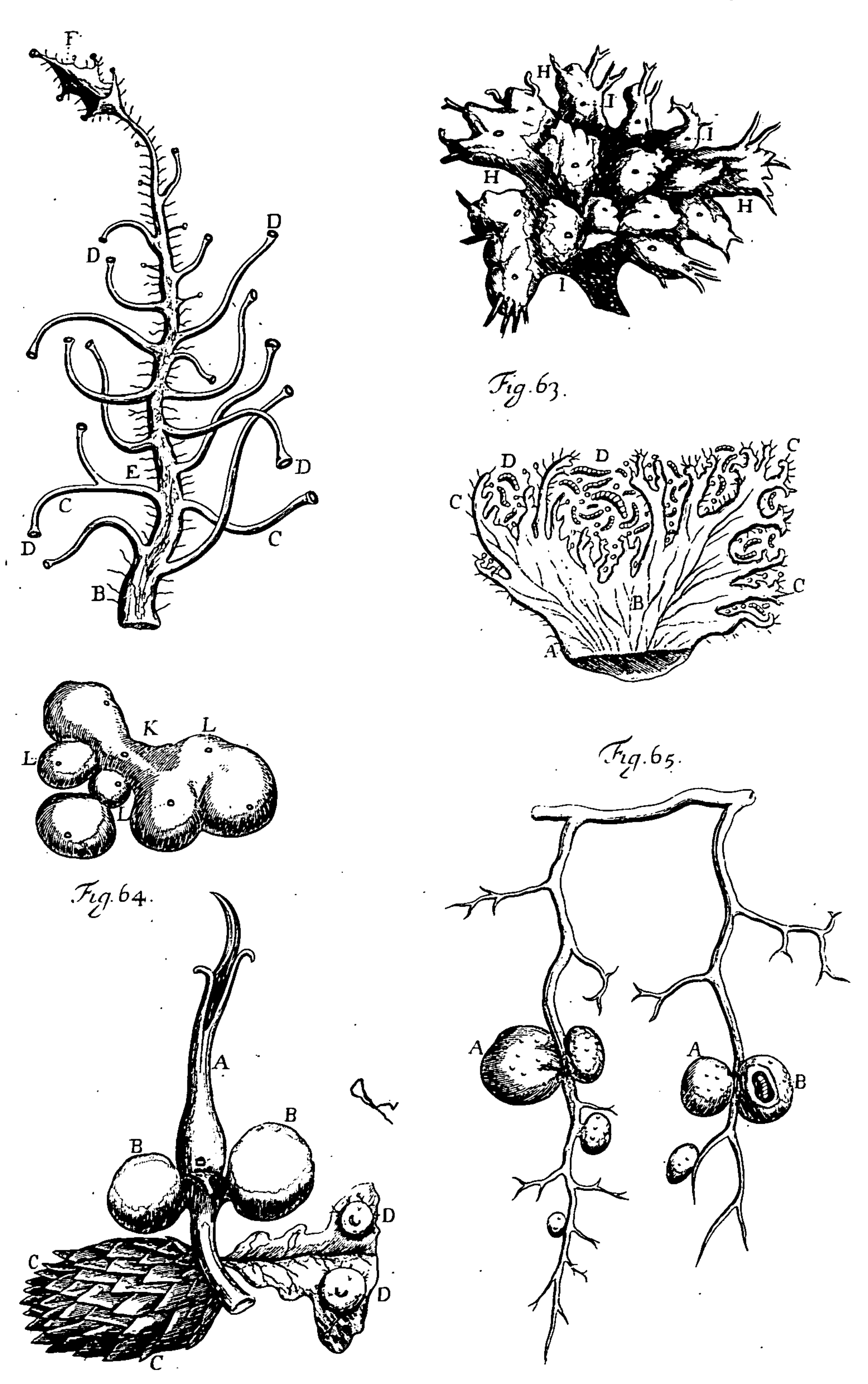
Ähnlich verhielten sich die Samen von *Cucurbita pepo, Cucumis melo* und *Lupinus*.

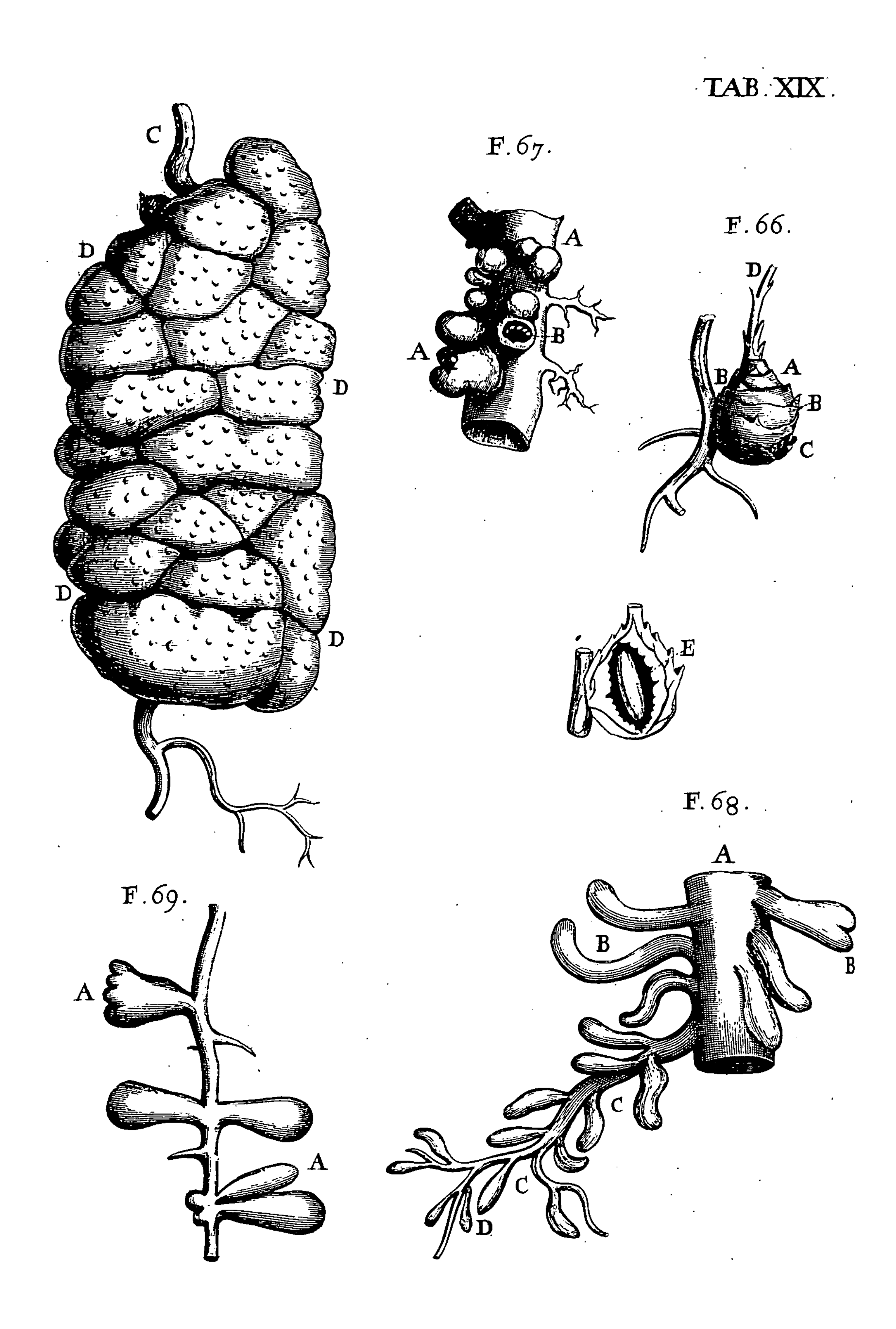
Aber auch, wenn nach der Keimung die entfalteten Cotyledonen entfernt wurden, zeigten die Keimlinge kein Wachstum mehr oder nur ein schwaches; so bei *Cucurbita, Lupinus, Cucumis melo, Lactuca, Cichorium endivia, Raphanus* und *Brassica rapa*. Wenn nur ein Cotyledon entfernt wurde, fuhren die Keimlinge fort zu wachsen, aber nicht so kräftig wie die normalen. Andere Versuche zeigen, daß die Entfernung der Cotyledonen die Entwicklung um so weniger beeinträchtigt, je später sie vorgenommen wird; doch sind diese mit *Lupinus, Cucurbita* und *Vicia faba* vorgenommenen Experimente zu kurz und darum nicht ganz verständlich beschrieben.

Im Beitrag "De gallis" (= "Über die Gallen") schreibt er wie folgt: (MÖBIUS 1901: 80 ff.):

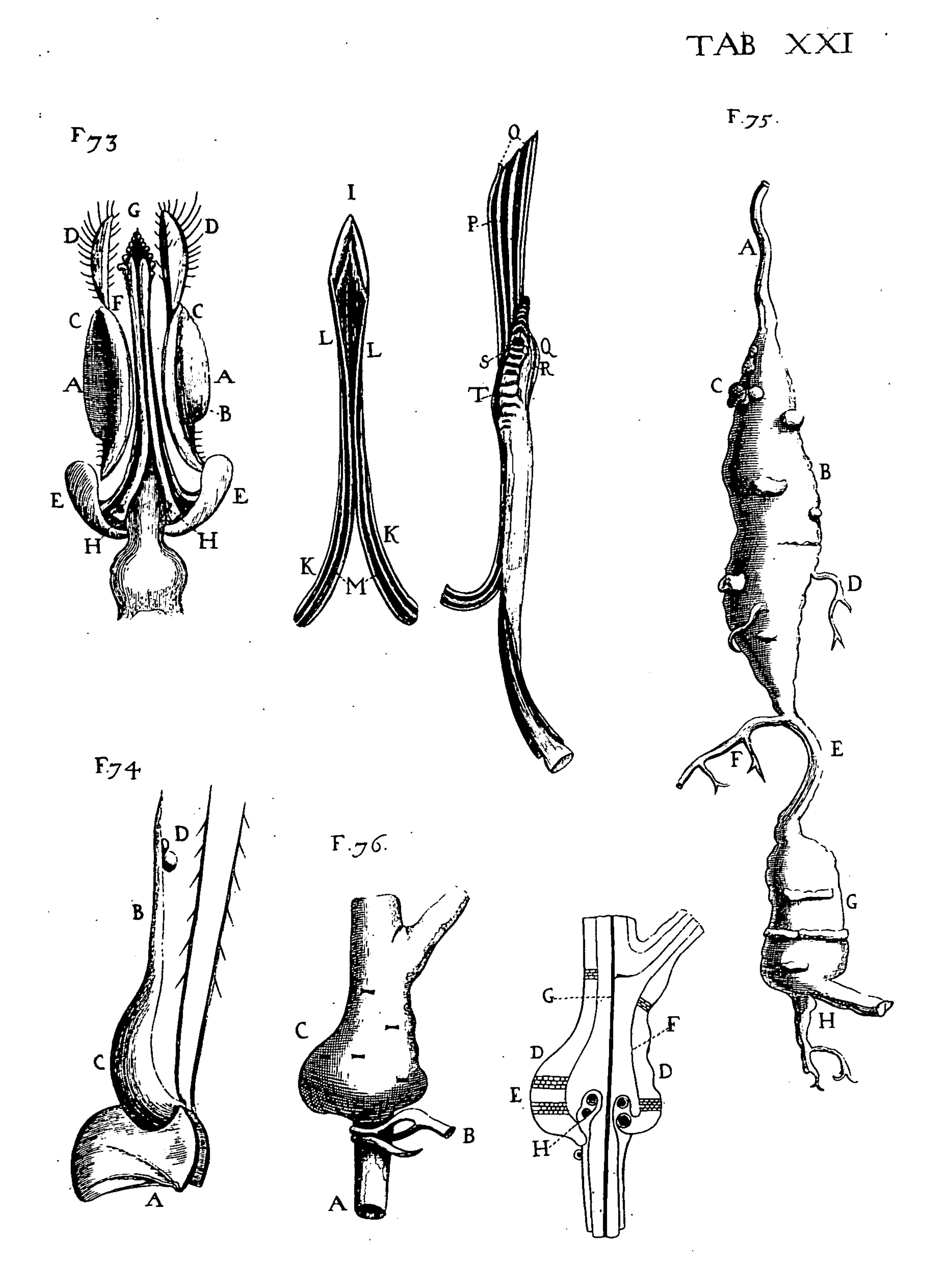
"…. Nicht nur für die vollkommenen Tiere hat die Natur festgesetzt, daß sie sich gegenseitig zur Nahrung dienen, sondern auch den Insekten und unvollkommenen kleinen Tieren, denen in den Pflanzen gewissermaßen ein fettes Erbe gegeben ist, hat sie eine solche Geschicklichkeit verliehen, daß sie nicht bloß von jenen ihren täglichen Unterhalt empfangen, sondern daß sie die Pflanzen selbst zwingen, den an ihnen abgelegten Eiern den Uterus und sozusagen die nährenden Brüste zu ersetzen. Diese Dienstleistung der Pflanzen erfolgt nun nicht anders als durch ihre eigene Verunstaltung, sodaß durch den an die Insekten gezahlten Tribut der eigene Haushalt der Pflanze verändert wird und durch falsche Leitung der Ernährung und Zersetzung ihres eigenen Saftes die Neubildung von Organen erfolgt, indem häufig krankhafte Geschwülste auftreten, die wir mit dem Namen Gallen belegen wollen. Und obwohl der alte Namen Galle eigentlich gewissen Kugeln, die besonders an den eicheltragenden Bäumen entstehen, zukommt, so wird man doch, unter Beachtung ihrer Entstehungsweise und ihrer die Tiere beständig ernährenden Funktion, diesen Namen Gallen auch uneigentlich anwenden dürfen, indem man diese Bezeichnung auch auf die übrigen, auch unähnlichen Auswüchse und krankhaften Gebilde der Pflanzen überträgt. Wir übergehen, was früher fabelhaftes und abergläubisches über derartige Auswüchse vorgebracht worden ist, und wollen diese Krankheitserscheinungen und die daraus an den einzelnen Teilen der Pflanzen zu Gunsten der Tiere entstehenden Geschwülste mit kurzen Beschreibungen vorführen, damit daraus die Entstehung der Gallen und ihre Geschichte, wenigstens die wahrscheinliche, hervorgeht. Die Blätter also, mit denen die Pflanzen so reichlich ausgestattet sind, bieten, da sie von reichlichem Safte strotzen, der Benutzung durch die Insekten eine sehr günstige Gelegenheit und sind derartigen krankhaften Einwirkungen gleichmäßig unterworfen; daher kommen sie zuerst zur Untersuchung".

Folgende Wurzelgallen werden in diesem Kapitel erwähnt oder beschrieben, bzw. abgebildet:


F
D
D
D
D
C
E
C
D
B
H
I
I
H
H
I
Fig. 63.
D
D
C
C
C
B
A
K
L
L
L
Fig. 65.
Fig. 64.
A
B
B
D
C
D
C
A
A
B


TAB. XIX.
F. 67.
F. 66.
F. 68.
F. 69.
C
D
D
D
D
A
B
A
D
B
A
B
C
E
A
B
B
C
C
D
A
A

TAB XXI


F.73
G
D
D
F
C
C
A
A
B
E
E
H
H
I
L
L
K
K
M
Q
P
Q
S
R
T
F.75
A
C
B
D
E
F
G
H
F.74
D
B
C
A
F.76
C
B
A
G
F
D
D
E
H

Quercus robur L.: Wurzel mit der Galle von *Biorrhiza aptera* FABR., Taf. XVIII, 65 stellt einzelne kugelige Gallen dar, Taf. XIX, 65 zeigt ein großes Konglomerat solcher Gallen.

Euphorbia cyparissias mit einem seit MALPIGHI nur noch einmal von KIEFER (in KARSCH's entomologischen Nachrichten XIX, 1893 n. 2, p. 23) beschriebenen *Dipterocecidium* einer unbestimmten Art.

Taf. XIX, 66: "Ebenso habe ich öfters an der Wurzel der Cypressenwolfsmilch eine große Galle *A* gesehen, die von der Seite der Wurzel entspringt und den Stoff für den künftigen Stengel zu ihrem Aufbau verbraucht: daher besteht sie aus einem Holzkörper, der gewissermaßen durch mehrere Knoten *B* geteilt ist, von denen die Knospe *C* und die Blätter entspringen und sich der Gipfel des künftigen Stengels *D* erhebt. Innen wird eine Höhlung gebildet, in der eine Larve von einer ledrigen Rinde umgeben wird."

Brassica oleracea L.: Wurzelgallen von *Ceutorrhynchus sulcicollis* SCHÖNH. (Taf. XIX, 67).

Die Wurzelknöllchen der Leguminosen werden von MALPIGHI folgendermaßen, unter der Bezeichnung Gallen beschrieben:

"Bei den Hülsenfrüchten und ähnlichen Pflanzen trifft man bisweilen Anhänge, die das Aussehen von Gallen haben und die ich nicht mit Bestimmtheit als Gallen beschreiben will, weil ich in ihnen noch keine Larven und keine vom Ei ausgehenden Entwicklungsstadien von Tieren wegen ihrer zarten Struktur beobachten konnte, doch möchte ich sie wohl für Gallen halten. Bei *Galega officinalis* (Taf. XIX, 68) sitzen an dem stärkeren Wurzelstrang *A* außer den kleinen Wurzeln hie und da eigentümliche Gallen *B*, die länglich und rundlich, etwas zusammengedrückt und von verschiedener Gestalt sind. Außen bestehen dieselben aus den Zellen der Rinde, aus denen auch die Wurzeln gebildet werden. Innen ist eine andere Substanz enthalten, die in den Zellen eingeschlossen ist. In den jungen Anschwellungen nämlich zeigt der darin enthaltene Saft eine rötliche Farbe und besitzt eine gewisse Zähigkeit. In den größeren aber, bei denen der äußere oder Rindenteil zerrissen ist, kommt ein Saft heraus und bisweilen finden sich Larven. An den Wurzeln *C* sitzen ebenso dieselben, nur etwas kleinere Gallen *D*, die die gleiche Struktur besitzen.

Die Wurzel der Bohne (*Vicia faba*, Taf. XIX, 69) bildet kleinere Seitenwurzeln, die sich in die Faserwürzelchen auflösen. An diesen sitzen nun die Gallen *A*, die außen von weißlichen Zellen gebildet werden. Den inneren Teil nehmen längsverlaufende Reihen von Zellen ein, die eine grüne Farbe zeigen. Bisweilen habe ich diese Gallen durchlöchert gefunden, ich bin aber noch im Zweifel, ob durch eine Larve, die im Innern verborgen war, oder durch ein kleines Tier, das von außen hineingelangen wollte.

Auch bei den Kichererbsen (*Cicer arietinum* L., Taf. XX, 70) ist die Wurzel *A* mit verschieden gestalteten Gallen *B* hie und da versehen, die innen grünlich sind; auch bei ihnen habe ich keine Larven gesehen. Bei der Wicke fand ich ebenfalls eine auffallende Galle *C*, die durch verschiedene Anhänge ganz höckerig geworden war.

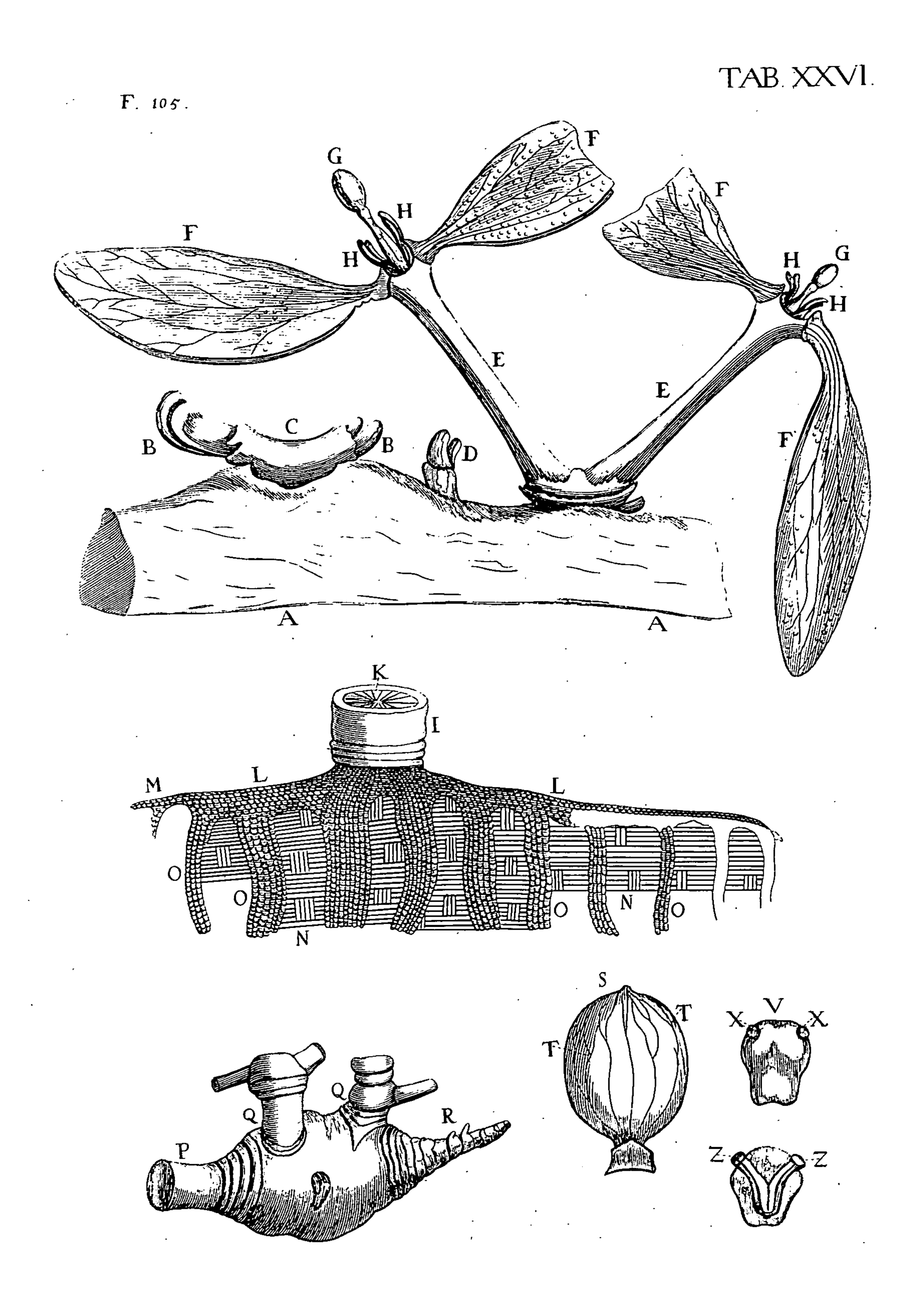
Indessen möchte ich noch die Entstehung der Galle besprechen. So entspringt an der Wurzel der Bohne (*Vicia faba*, Taf. XX, 71) in einem Spalt der Rinde A die Galle *B*, und streckt sich allmählich in die Länge. Häufig legen sich mehrere zugleich an, dicht nebeneinander, *C*, indem die Hülle der Rinde aufreißt und sich um die wachsenden Anschwellungen mit einem Wulst *D* erhebt: also ist der Ursprung der Gallen in der inneren Rinde, die den Holzzylinder umgibt."

Den Artikel "De plantis quae in aliis vegetant" (= "Über die Pflanzen, welche auf anderen wachsen") beginnt er mit den Schilderungen über die Mistel (MÖBIUS 1901: 102-104):

"Die Organismen sind nach den Naturgesetzen in dem Maß von einander abhängig, daß nicht nur verschiedene Tiere kleinere Tiere ernähren und beherbergen, sondern auch die Pflanzen andere, fremde ernähren und sie auf ihre eigenen Unkosten leben lassen. Dies kommt regelmäßig bei der Mistel (*Viscum album*) vor, deren Bau jetzt beschrieben werden soll (Taf. XXVI, 105). Dieselbe entspringt also meistens von den Zweigen des Apfelbaumes *A*. Ich habe verschiedene Pflänzchen abgebildet und zwar zuerst ein noch zartes, das an einem winzigen Stamm ein paar Knospen *B* trägt, die vorher von der Höhlung des Blattes *C* bedeckt waren. Ihm zunächst steht die winzige aus zwei Blättern *D* bestehende Knospe. Dann folgt ein größeres Pflänzchen, das an einem einzigen Stamm zwei stielrunde Äste *E* trägt, an denen je ein Paar dicker Blätter *F* sitzt, die aus Fasern und Zellen bestehen. Die erwähnten Zweige *E* besitzen außerdem die Sprosse *G*, an denen ebenso andere Knospen *H* angewachsen sind. Die Fruchtbarkeit dieser Pflanze ist ungeheuer. Denn von den Wurzeln erhebt sich ein kurzer, stielrunder Stengel, der häufig an einem Knoten zwei Äste bildet, von denen jeder je zwei, oder bisweilen drei Seitensprosse aussendet: Diese tragen am Mittelknoten bisweilen sechs Zweige, von denen einige sieben Sprosse bilden, und deren äußerste Enden sind mit je zwei Blättern öder Blüten versehen. Diese Pflanze wächst in einer anderen und senkt ihre Wurzeln tief in sie hinein: so sieht man aus dem hier horizontal gestellten Apfelzweig den Stengel *I* entspringen, an dem auf dem Querschnitt die zellige Rinde deutlich ist, und auch die Holzmasse, aus Röhren und Tracheen bestehend, zwischen denen die Querreihen *K*, wie Radspeichen, von der Rinde nach dem Mark verlaufen. Der genannte Stengel befestigt sich mit seinen Wurzeln; unter der Rinde nämlich verbreiten sich zwischen den Lagen des Bastes die Wurzeln *L*, die hier horizontal gezeichnet sind. Sie werden von der Rinde bedeckt und bestehen aus Tracheen und Holzgefäßen *M*: von ihnen entspringen andere kleinere Wurzeln, die in das Holz eindringen und sich zugleich mit den Reihen der querverlaufenden Zellen *N* in das Mark erstrecken, sie bestehen aus Gefäßen *O*, die aus einer Reihe von Zellen zusammengesetzt sind. Die Kraft des derartig sozusagen eingepflanzten Gewächses ist so groß, daß die befallenen Zweige, wenn die Nahrung erschöpft und ihre Struktur gestört ist, entweder monströs werden oder nach längerer Zeit vertrocknen. So ist der Apfelzweig *P*, in dem zwei Mistelpflanzen *Q* wurzeln, dick angeschwollen, dadurch das ein weiteres vordringen des Saftes verhindert ist, daher stirbt der Teil *R*, der eigentlich zu einem Zweige auswachsen würde, ab und vertrocknet, indem sich Runzeln bilden. Diese Pflanze vermehrt sich durch ihre Samen, indem sie zahlreiche Früchte *S* erzeugt, die ein wenig größer sind als eine Kichererbse. Sie sehen außen weißlich aus und sind durchscheinend, sodaß die Holzfasern sichtbar sind, die das Pericarp durchziehen, dessen Zellen mit einem zähen und schleimigen Saft angefüllt sind. Im Mittelpunkt liegt der Samen *V*, derart, daß je zwei Pflänzchen ihre Spitzen *X* hervorstrecken. Der Samen zerfällt in zwei Teile, diese bestehen aus Zellen mit einem grünen Saft und umgeben den Keimling, der, in die zwei Sprossen Z gespalten, in die dicken Blätter endigt."

Nun folgt der eigentliche Aufsatz „Über die Wurzeln der Pflanzen" (MÖBIUS 1901: 109-121):

Das Hauptkapitel „De radicibus plantarum" (=„Über die Wurzeln der Pflanzen") möchten wir in voller Länge im Original wiedergeben. Im Anschluß daran werden die Ausführungen von MÖBIUS (1901: 109-121), teils Übersetzung, teils Erläuterung, abgedruckt:



TAB. XXVI.
F. 105.
G
F
H
F
H
F
H
G
H
E
E
B
C
B
D
F
A
A
K
I
M
L
L
O
O
O
N
O
N
S
T
T
X
V
X
Q
Q
R
P
Z
Z

Marcelli Malpighii

Philosophi & Medici Bononiensis,

E

REGIA SOCIETATE

O P E R A

O M N I A,

Figuris elegantissimis in æs incisis

ILLUSTRATA

TOMIS DUOBUS

COMPREHENSA.

Quorum Catalogum sequens Pagina exhibet.



L O N D I N I:

Apud ROBERTUM SCOTT & GEORGIUM WELLS.

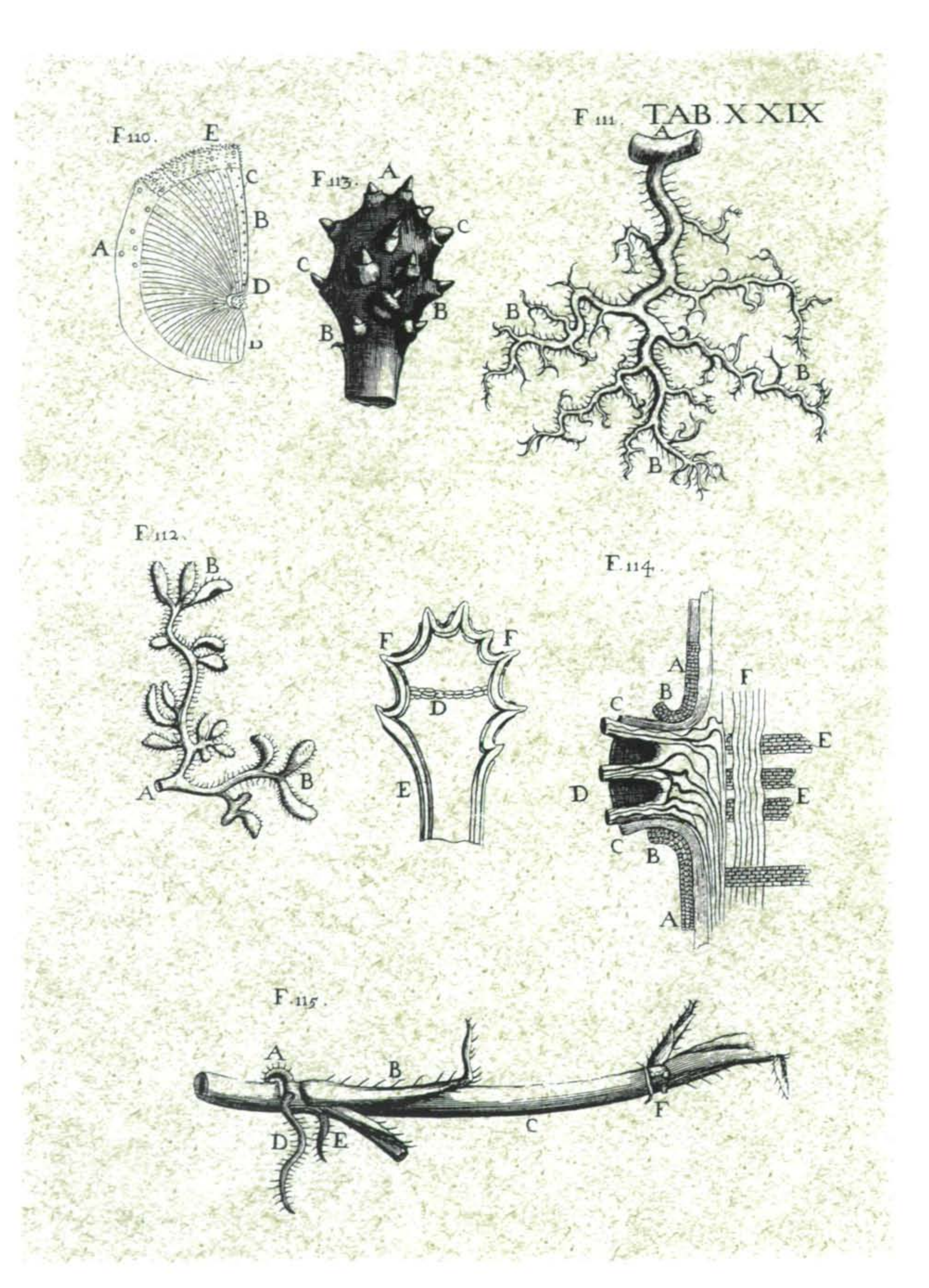
MDCLXXXVI.

DE RADICIBUS PLANTARUM.

ARborum, herbarúmque genus, cùm debitam partium auctionem, & nutritionem exigat, cúmque loco moveri nequeat, non exiguam sui partem in alimenti capturam, quasi tot manus emittit, quæ per subjectum solum alimoniam quæritant & immobilitatem plantæ stabiliunt; hæque *Radices* appellantur. Patent itaque, singulísque innotescunt Radices: sunt enim caulis, vel caudicis utplurimùm productio & elongatio in subjectum solum; ità ut lignea trunci substantia, cortice circumdata, in majores frequenter quasi ramos dividatur; qui ulteriùs minores progerminantes surculos, tandem in radiculas, & capillamenta desinunt & solvuntur. In quibusdam verò herbis solet Natura materiam, quam in caule, vel caudice custodire consuevit, in radice variè protuberante artificiosè condere, novósque fœtus ibidem promere, & alere, quorum omnium indaginem, prout tenuitati meæ licebit, prosequar. Interim facilioris intelligentiæ gratiâ, arborum Radices primò lustrabimus. Hæ itaque variè à trunco terræ affixo producuntur; nam in aliquibus perpendiculariter elongatæ, radiculas hinc inde promunt; quod pluribus herbarum generibus familiare est: in plerisque verò productus truncus in multiplices dividitur insignes Radices, quæ fere horizontaliter, deorsum tamen propagatæ, in ulteriores radiculas solutæ, rotundam peripheriam, non absimilem ei, quæ ab extremitate ramorum describitur, graphicè efformant. In nonnullis divisæ Radices, varias æmulantur formas, Glandium, Olivarum, & similium; quorum omnium rudis delineatio per potiora capita inferius habebitur.

Arborum igitur Radices, & præcipuè truncus, iisdem vasorum generibus implicatis constat, ut in caudice; ità ut superfluum sit eosdem icones iterum effingere; quare surculos tantùm rimabimur. In *Moro* itaque (110.) surculum, annularem digitum crassitie æquantem, observavi, & horizontale semidiametrum rudìter delineavi. Hujus exterior superficies colorem vitellinum præ se fert, & copiosæ membranæ utriculorum transversalibus ordinibus excitatæ, exteriorem corticis regionem occupant; in quibus horizontales tumores, quasi zonæ eminent; quibus laceratis, minimus quidam pulvis, crocum metallorum æmulatus erumpit. Sub his alia pariter succedunt tenuia invo-

lucra


TAB. XXIX
F 110.
E
C
B
A
D
D
F 113.
A
C
C
B
B
F 111.
A
B
B
B
F 112.
B
A
B
F
F
D
E
F 114.
A
B
F
C
E
D
E
C
B
A
F 115.
A
B
D
E
C
F

lucra, & postremò lignearum fibrarum reticularis contextura, a quibus utriculorum ordines pendent, & tandem prope lignum liber luxuriat. Crassus valde cortex est, & lactifera vasa *A*, erumpente succo, patent. Ligni contextura transversalium utriculorum seriebus *B* à cortice versùs medullam deductis, primò excitatur; intercepta verò spatia trachearum tubis *C*, & ligneis fistulis cum minoribus utriculorum seriebus horizontalibus incruciatis replentur; Hoc tamen videtur quasi perpetuum, tracheas majores esse, & magìs patentes, ac in trunco, ac ramis existant. Loco pariter medullæ trachearum congeries *D* observatur, quæ transversalium utriculorum centrum extat. Lignea igitur portio *E*, quæ crassior est, borealem respicit regionem; opposita autem meridionalem plagam attingit.

Arborum Radices in capillamenta, & minimas radiculas laciniari diximus, quarum speciem à *Populo nigra* (111.) desumptam delineavi. Ab exigua itaque Radice *A*, quæ crassitiem auricularis unguis non attingit, exoritur; hujus color e cinereo in subvitellinum tendit, varicosa est, & hinc inde cirros, & radiculas *B* emittit, quæ copiosis pilis conteguntur. Tenui & crispo, laceróque interdum cortice cooperiuntur: & intus fibræ & tracheæ custodiuntur.

Ab exaratis Radicibus adhuc tenellis appendices quædam eminent, quæ racematim interdum pendent; hásque gemmas esse futurarum Radicum probabiliter censeo. Occurrunt autem in singulis arboribus, plerísque plantis, & præcipuè in *Vlmo* (112.) Extremæ namque Radicum propagines *A* hinc indè globosa corpora *B* parùm, & in apice interdum acuminata promunt; quæ quandoque alba, frequenter sublutea, non rarò saturatum charabem æmulantia, luxuriant; parúmque diaphana sunt. Pilis exteriùs minimis cooperiuntur: intus fibrarum fasciculi molles conduntur, affuso glutinoso humore. Sæpe, ubi externorum occurrit obstaculum, proceriores redduntur, & curvantur; ipsorúmque quasi racemi pendent; & extremitas subrubro, vel intensè vitellino succo inficitur. Interior gemmarum structura mollis est, & informis; solúsque mucosus occurrit succus, hyeme autem nonnullæ contabescunt; reliquæ proceriores redditæ, ligneæ sensim redduntur; ipsarum etenim cortex exsiccatus oblongis solvitur rimulis; intus verò candidus cylindrus custoditur, qui exteriùs albo, utriculis congesto cortice, cooperitur: sub hoc lignea portio latitat fistulis contexta, à quibus nonnulli tubuli excavantur, pro excurrentibus tracheis.

Expositæ radiculæ, seu gemmæ, non à solis minimis Radicibus terrà conditis erumpunt; sed frequenter ab extremis quibusdam arbustorum surculis, & ramis pullulant; consimilem speciem referentes. Ità observamus in repente extremo *Rubi* surculo (113.) Hic humi hærens, in ovale corpus *A* protuberat, & copiosas radiculas emittit: turgidior namque cortex *B* redditus, & laxatus, erumpentibus radiculis *C* exitum permittit. Hæ conicam servantes figuram, tenui cortice excitantur; intus verò medulla, & lignea portio luxuriat: unde in secta hujusmodi appendice utriculorum series, medullam *D* constituentes, occurrunt, quam ligneæ fibræ *E* amplexantur, in radiculas *F* elongatæ.

Mirabilior

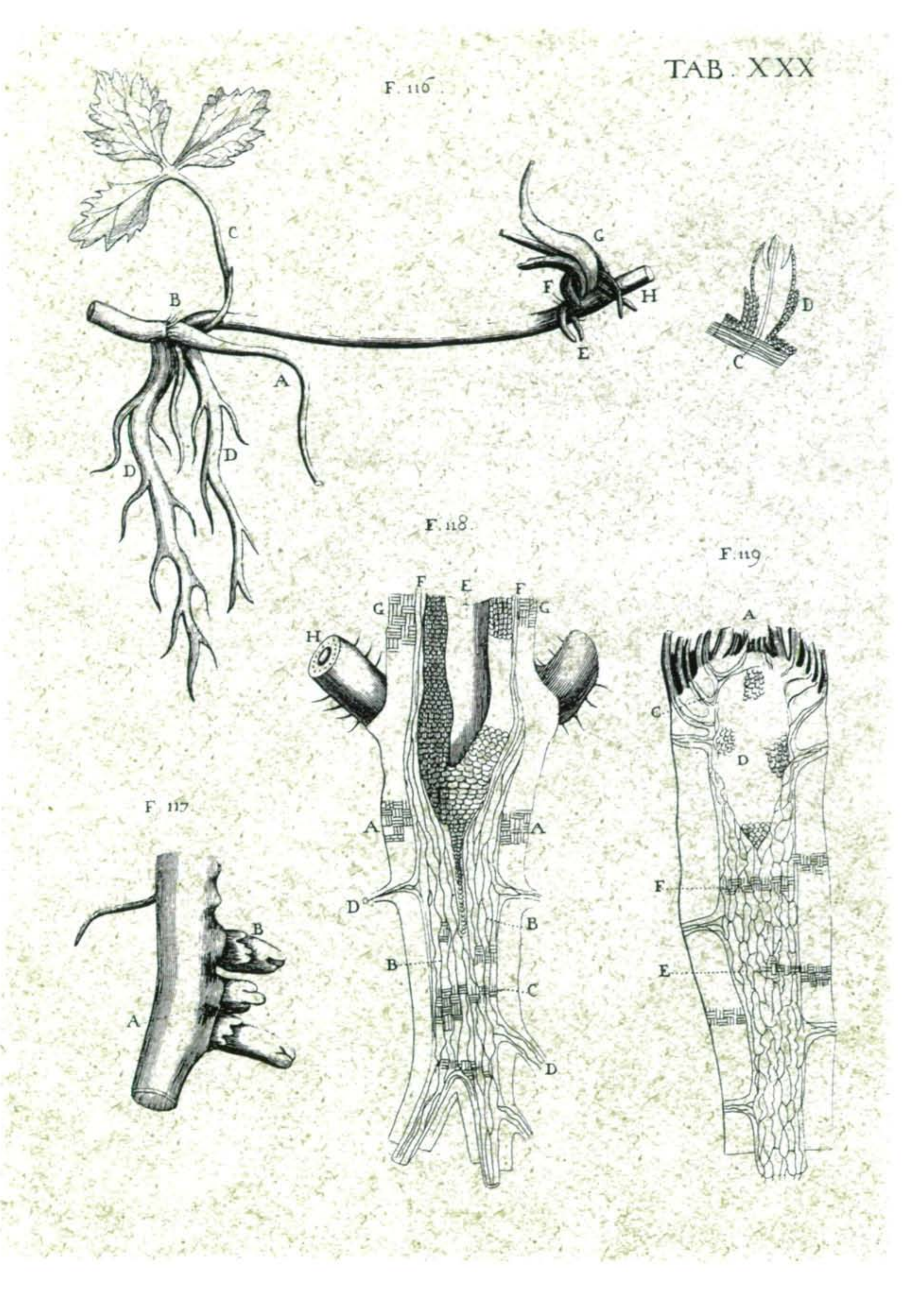
Mirabilior eſt Radicum exortus in ramo *Salicis* (114.) trium annorum; hic à trunco primo vere abſciſſus, & craſſiori parte perpendiculariter in foveas aquâ refertas, quaſi plantatus, elegantes emittit Radices. In parte igitur humata nullas utplurimùm promit Radices; ſed in ea tantùm portione, quæ proxima eſt ſuperficiei ambientis aquæ. In hac itaque tumores in cortice primo eminent, & tandem ſciſſuræ excitantur, macerata cuticulâ, & ſubjectis corticis utriculis: unde fit ulcus circumaſſurgente cortice, quaſi obducto labio; quod erumpentibus ligneis fibris, & medulla, in Radices congeſtis, aditum permittit. Perpendicularem interea ſectionem delineavi, ut faciliùs ſingula pateant. In hac exterior cortex *A* occurrit, qui labium *B* efformat; interiùs tenuior ejuſdem corticis portio *C* cuſtoditur, quæ & ipſa ad extrà derivata, Radicum exortum cuſtodit. Succedunt fibræ ligneæ, & tracheæ tortuoſæ, & varicoſæ redditæ *D*, quæ in tres diviſæ cylindros, totidem efformant radiculas; quarum centrum medulla, ſeu tranſverſales utriculorum ordines occupant. Hoc tamen notatu dignum occurrit, quòd horizontalium utriculorum ordines *E*, erumpentibus Radicibus continuati, turgidiores redduntur: unde ſuperequitantes fibræ rectæ *F* neceſſariò obliquantur; & hujuſmodi tumor versùs medullam propagatur; inſigniter tamen eſt prope corticem.

Frequens pariter eſt Radicum emanatio in *Gramine* (115.) non in ſolo radicum trunco, & appenſis propaginibus; ſed in caule, & continuatis ramis, ubi nodus excitatur, quotieſcunque ſubjecti ſoli humore madent. Nodus itaque geminis foliis intercipitur, quorum inferius *A* detruncatum hic indicatur; alterum verò *B* ſurſum attollitur, caulem *C* ambiens, & ab ipſo Radices *D* emergunt. Interdum à baſi novellæ gemmæ radix *E* erumpit: harum primævus exortus minimos exhibet tumores *F*.

Conſimilem Radicum eruptionem miramur in *Pentaphyllo*, *Fragaria*, & *Ranunculo repente* (116.) cujus caulis horizontaliter productæ portiones, humique ſerpentes, radiculas promunt. In primo igitur nodo gemma prominet, cujus inferius folium, ſeu pediculus *A* tantùm cum erumpentibus pilis *B* occurrit; reliquum verò *C* ſurſum attollitur; à ſubjecto autem nodo perpendiculariter productæ Radices *D* pendent. Aliæ inſuper Radices ſupra nodum, laceratis gemmæ foliis, manifeſtantur. In ſubſequenti pariter nodo geminæ tenellæque Radices *E* infrà erumpunt, ſupra quas folium *F* exortum trahit: & gemma quoque *G*, cujus folia mutila delineavi, effertur, & ab hac lacerata novæ Radices *H* proſiliunt.

In Radicibus ultra radicularum, & pilorum eruptiones, gemmæ quoque ſingulo anno obſervantur, quæ in caudices, vel caules excreſcunt; & harum icones ſparſim inferiùs dabimus: pro nunc autem ſufficient illæ, quæ à *Convolvulo* (117.) erumpunt; tres enim contiguæ, lacerato albo cortice *A*, eminent laciniatis foliis *B* contextæ: unde quælibet ipſarum ſecta, ligneas fibras, & tracheas, in cylindrum congeſtas *C*, exhibet; quem cortex *D* in folia diviſus circumdat, & ambit.

Luſtratis


TAB. XXX
F. 116
C
B
G
F
H
D
E
A
C
D
D
F. 118
F. 119
F E F
G G
H
A
A
C
D
F. 117
A A
D
B
B
B
F
E
C
A
D

Lustratis his, quæ in Arboribus ad Radicum compagem attinent, & quibusdam phænomenis circa Radicum in Plantis vegetationem; fas est prosequi varias Radicum formas. In quibusdam itaque herbis, Radicem non multum ab exarata in arboribus specie excitat Natura: ità patet præcipuè in *Boragine* (118.) cujus Radicis truncus perpendiculariter sectus, exteriorem exhibet corticem *A* valde crassum, qui horizontalium utriculorum seriebus, cum ligneis fibris per longum ductis, de more implicitis, componitur: peculiare quoque adesit vasculum, quod ob succi inconspicuitatem adhuc nos latet. Succedit lignea portio in cylindrum congesta, cujus potiorem molem excitant tracheæ *B* varicosæ, & quasi reticulariter per longum ductæ. Inter has fibræ ligneæ rectæ, & horizontalium utriculorum striæ *C* locantur; & in centro medulla ultra medietatem, inferiora versùs, minima custoditur. Tota hæc lignea portio identidem minores Radices promit *D*; quæ & ipsæ cortice cooperiuntur, à quibus pili postremò erumpunt. Prope terræ superficiem, ubi caulis assurgit; lignea portio dilatatur, & interiùs tubulosa redditur; ità ut transversalium utriculorum ordinibus, qui medullam constituunt, locum præstet. Varia est utriculorum forma, & situs; nam nonnulli ordines ab horizontali declinant; alii curvati attolluntur. In plerisque tenellis caulibus continua adhuc est medulla: in provectioribus autem (hoc est inclinante anno) concavitas *E* excitatur, corruptâ utriculorum continuitate: reliquum autem gracilescentis ligni *F* in fistulosum corpus compacti, unà cum ambiente cortice *G* in caulem, & ramos *H* absumitur.

In *Cichoreo* (119.) consimilis emergit structura: hujus secta per longum Radix, gemmam *A* in apice cum erumpentibus foliis offert, quæ à subjecto cortice *B*, & ligneis propaginibus *C* exortum ducunt. Non longè à foliorum eruptione, ligneus cylindrus concavus redditus, medullam continet *D* utriculis albis congestam, quæ descendendo ferè obliteratur: lignea tamen portio tracheis *E*, & transversalibus utriculis cum ligneis fistulis *F* implicitis, componitur; & hinc indè ligneas propagines emittendo, in radiculas solvitur. Crassus pariter cortex horizontalium utriculorum ordinibus, & fistulis completur; inter quas lactea vasa, in senescente Cichoreo, evidenter observantur.

Mos quoque Naturæ est plantarum, & præcipuè quarundam herbarum Radicis truncum ferè horizontaliter elongare, à quo radiculæ, quasi perpendiculariter productæ, emanant. Placuit autem in *Consolida majori* (120.) in qua secta per longum tracheæ mirabilis contextura propagatur. Tota igitur Radicis portio non valdè crasso cortice *A* circumdata fistulis rectis, & transversalibus utriculis *B* conflatur: interseruntur tracheæ, quæ flexuosæ, & varicose redditæ, insignes areas *C* efformant: & frequenter in fasciculum recollectæ, iterum separantur; mox ulteriori unione aliis associantur.

In *Arundine* (121.) Radicis truncus horizontaliter fertur, multísque propaginibus coagmentatur; simpliciorem tamen structuram exponere placuit: in hac curvatus Radicis truncus *A* occurrit frequentibus quasi annulis, seu internodiis *B* coagmentatus; in situ enim *C* avulsi

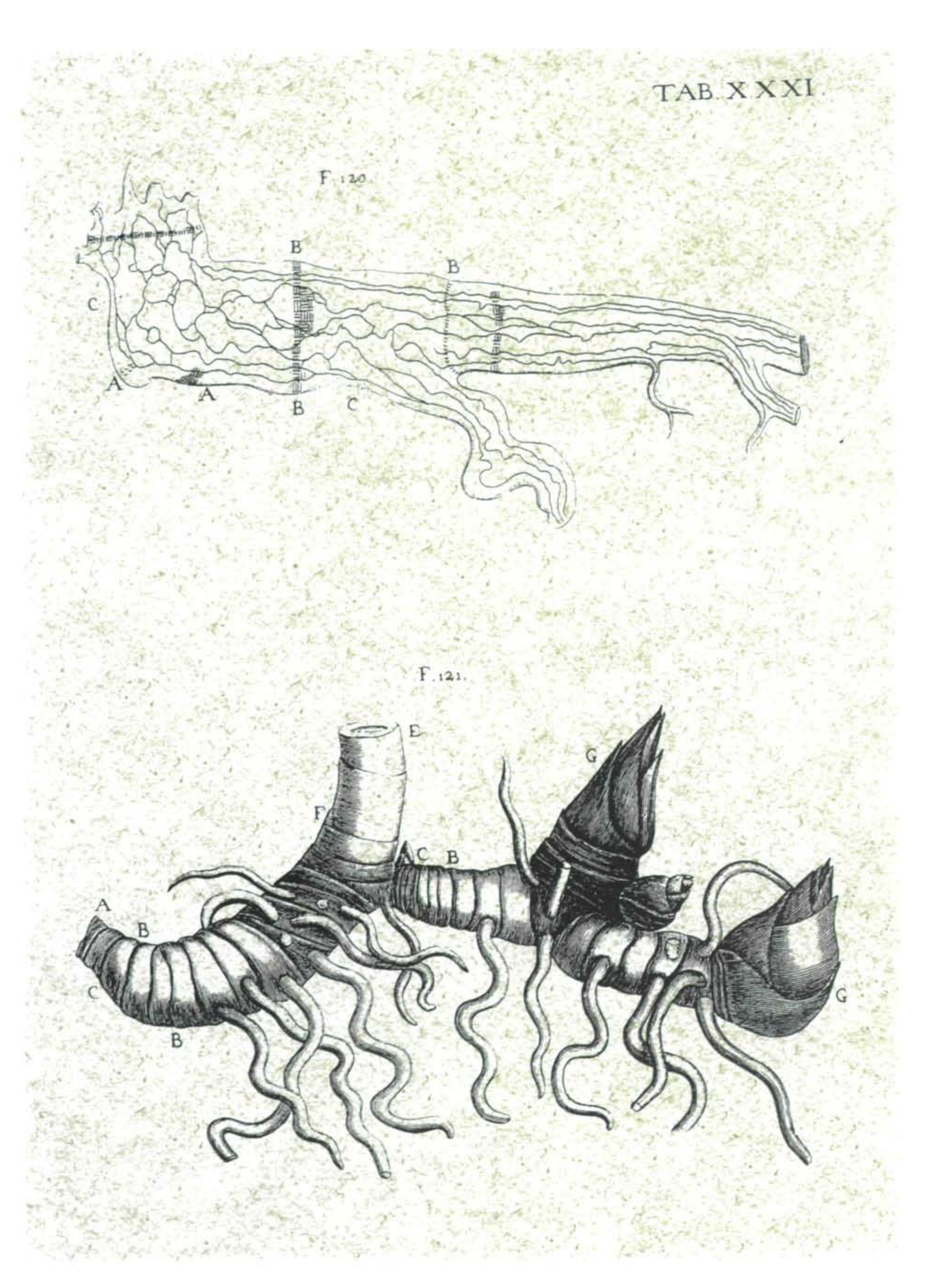
Q folii

folii cicatrix adhuc ſubeſt, & ligneæ fibræ interdum ſuperſunt à gemmarum baſi, craſſo, luteóque cortice conteguntur; intus verò cylindrus ligneus, multiplices continens tracheas, conditur. Radix *A* elongatis internodiis, caudicem *E* attollit, à quo gemmæ *F* pullulant. Idem pariter Radicis truncus *A*, ſub terra conditus, copioſas gemmas *G* emittit, quæ pluribus contextæ foliis, tandem in caudices excreſcunt. Radicis truncus *A* exteriùs cortice ambitur, qui utriculis, & ligneis fiſtulis conſtat: multis perfoditur foraminibus, quibus foras Radicum exitus admittitur; reliquum faſciculis fiſtuloſis coagmentatur, qui ligneis fibris conflati, tracheas continent, modò unam, interdum duplicem, & quandoque tres deprehenduntur, latâ & ſpirali zonâ conſtantes: ſæpe prope tracheas vidi aliud vas hians, fortè peculiarem ſuccum continens. Fibroſi faſciculi non paralleli ducuntur; ſed flexuosè progredientes implicantur: identidem promunt ramos, qui ad latera declinantes, contiguis per ſuperequitationem impliciti faſciculis, tandem (manipulo quaſi facto) in Radices perforato cortice abſumuntur; taliter implicantur, ut delineatam olim in nodo grani Turcici ſpeciem præ ſe ferant. In Radicum bifurcationibus, & gemmarum eruptionibus eadem declinatio faſciculorum obſervatur, horizontali factâ cum rectis incruciatione. Circa faſciculos hujuſmodi medullæ ſacculi ampli locantur, quibus interſtitia replentur: unde ex his videtur Radicis truncus continuatus, & humatus caudex; ità tamen, ut in caudice fibroſi faſciculi tubum efficiant, rariores excitando nodos; in Radice autem luxuriantibus medullæ utriculis, integrum corpus, frequentibus nodis implicitum, conſtituant.

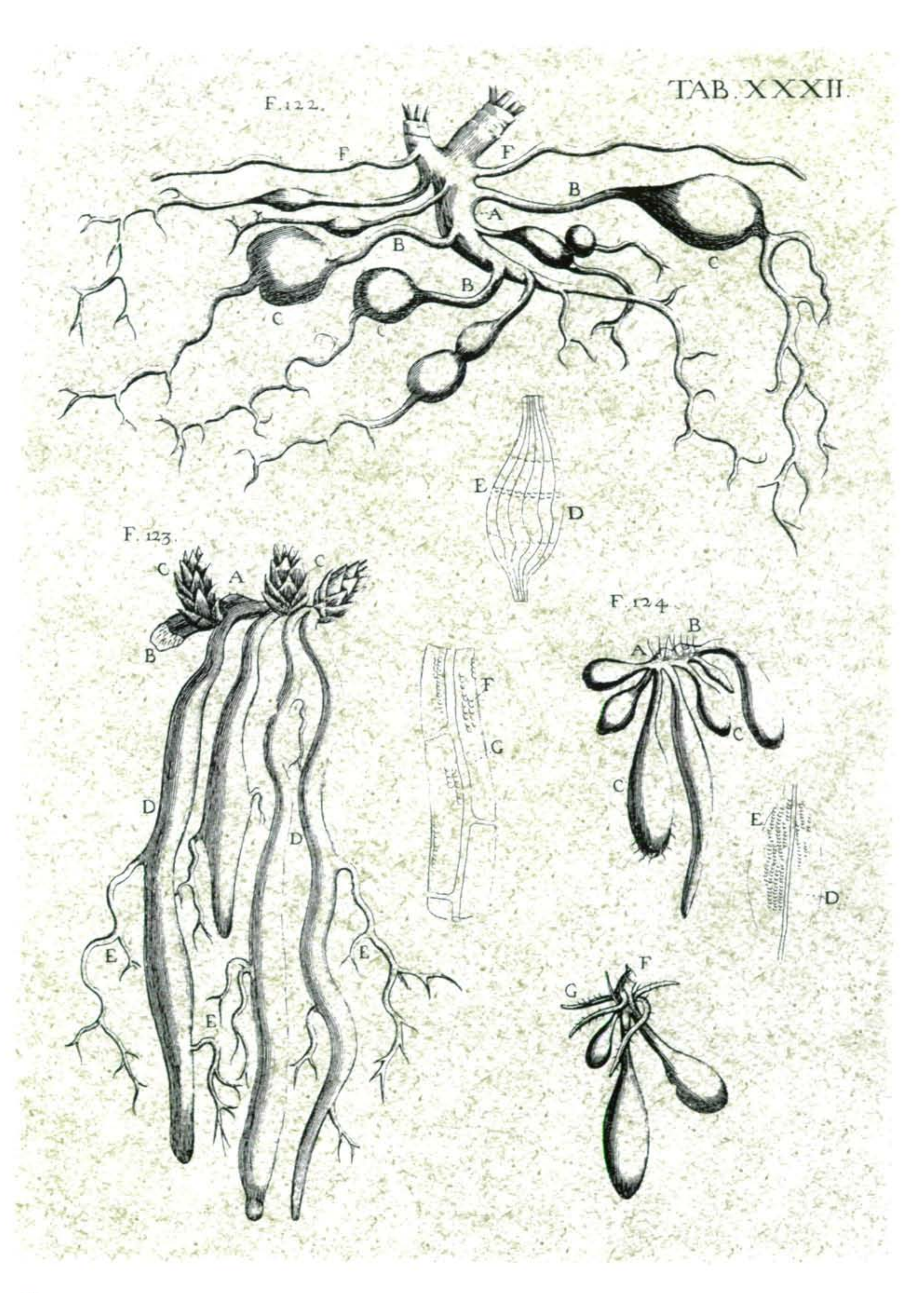
Conſuevit inſuper Natura emanantes à Radicis trunco propagines, turgidas, & globoſas reddere; ut trunci gracilitas harum craſſitie compenſetur. Ità in *Filipendula* (122.) à producto penè horizontaliter trunco *A* Radices *B* hinc indè pendent, quæ nodoſas, ſeu tuberoſas appendices *C* promunt, olivares à forma dictas. Hæ itaque per longum ſectæ, diſperſos lignearum fiſtularum, & trachearum faſciculos *D* exhibent: reliquum appenſis utriculis *E* completur. Non longè à terræ ſuperficie, in autumno novæ erumpunt Radices *F* horizontaliter ductæ.

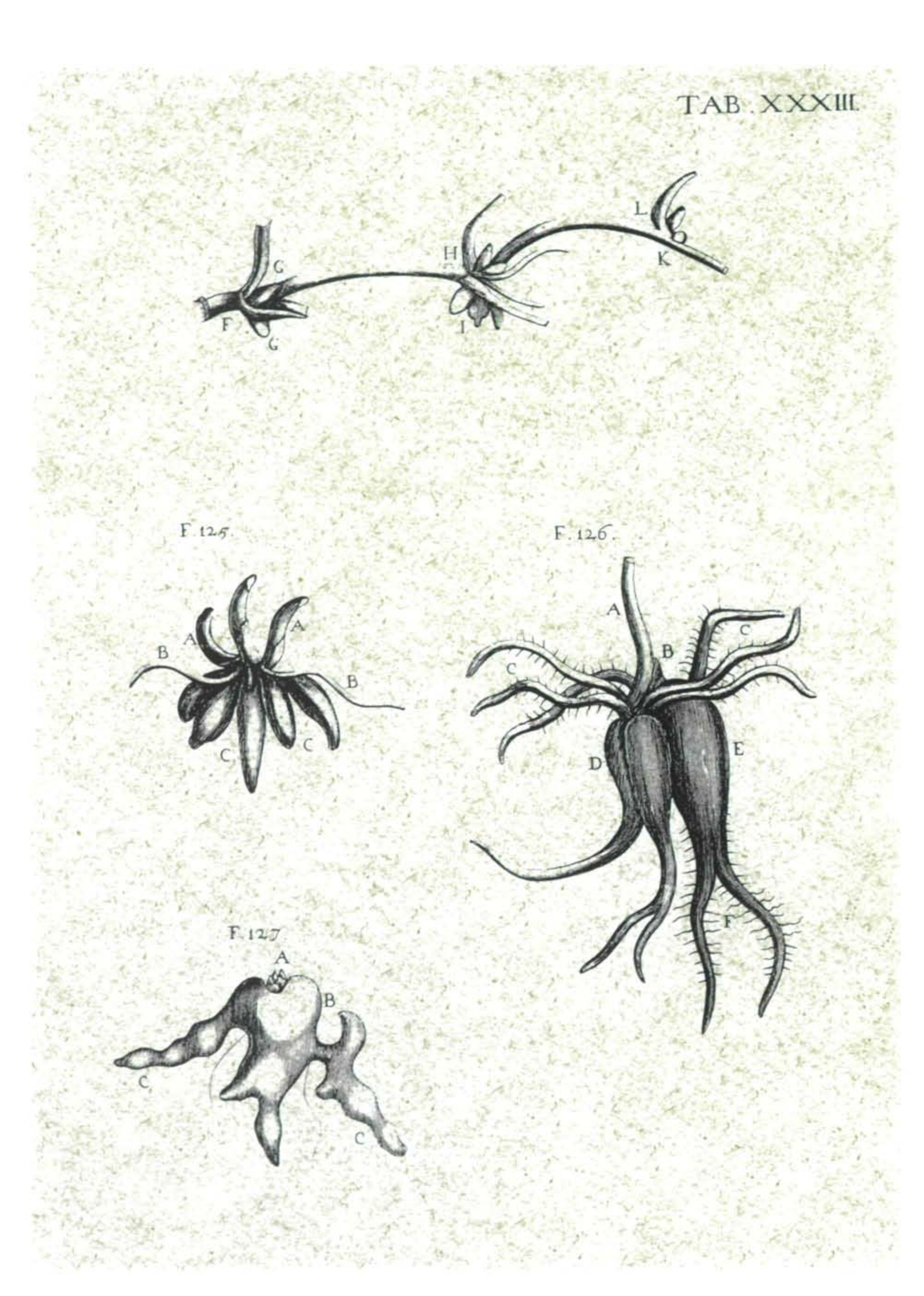
Analogam quoque ſtructuram miramur in aliis herbaceis, quorum radicales trunci utplurimùm horizontaliter locati, non longè à terræ ſuperficie humantur, à quibus caules, & Radices exordium capiunt: Exiguæ tamen magnitudinis extant hujuſmodi trunci ſi cum appenſis Radicibus comparentur: unde quaſi nodi dici poſſunt. Hoc in *ſylveſtri Aſparago* (123.) occurrit, cujus truncus gracilis *A* cortice circumdatus, luteis fiſtulis & tracheis *B* interiùs conditis, coagmentatur. Ab hoc gemmæ *C* erumpunt, quæ plurium foliorum contexturâ conflantur. Inferiùs pendent craſſæ, & oblongæ Radices *D* ſubrotundæ, & turgidæ, criſpis pilis conſperſæ; minimas ulteriùs radiculas *E* promentes. Exaratæ Radices, denſo ſatis cortice exteriùs ambiuntur; ſuccedens verò portio in ſecta perpendiculariter Radice grandioribus utriculis *F* excitatur; & centrum à ligneo faſciculo *G*, in radiculas diviſo, occupatur; qui ad Radicis extremum deductus, nullo obducto

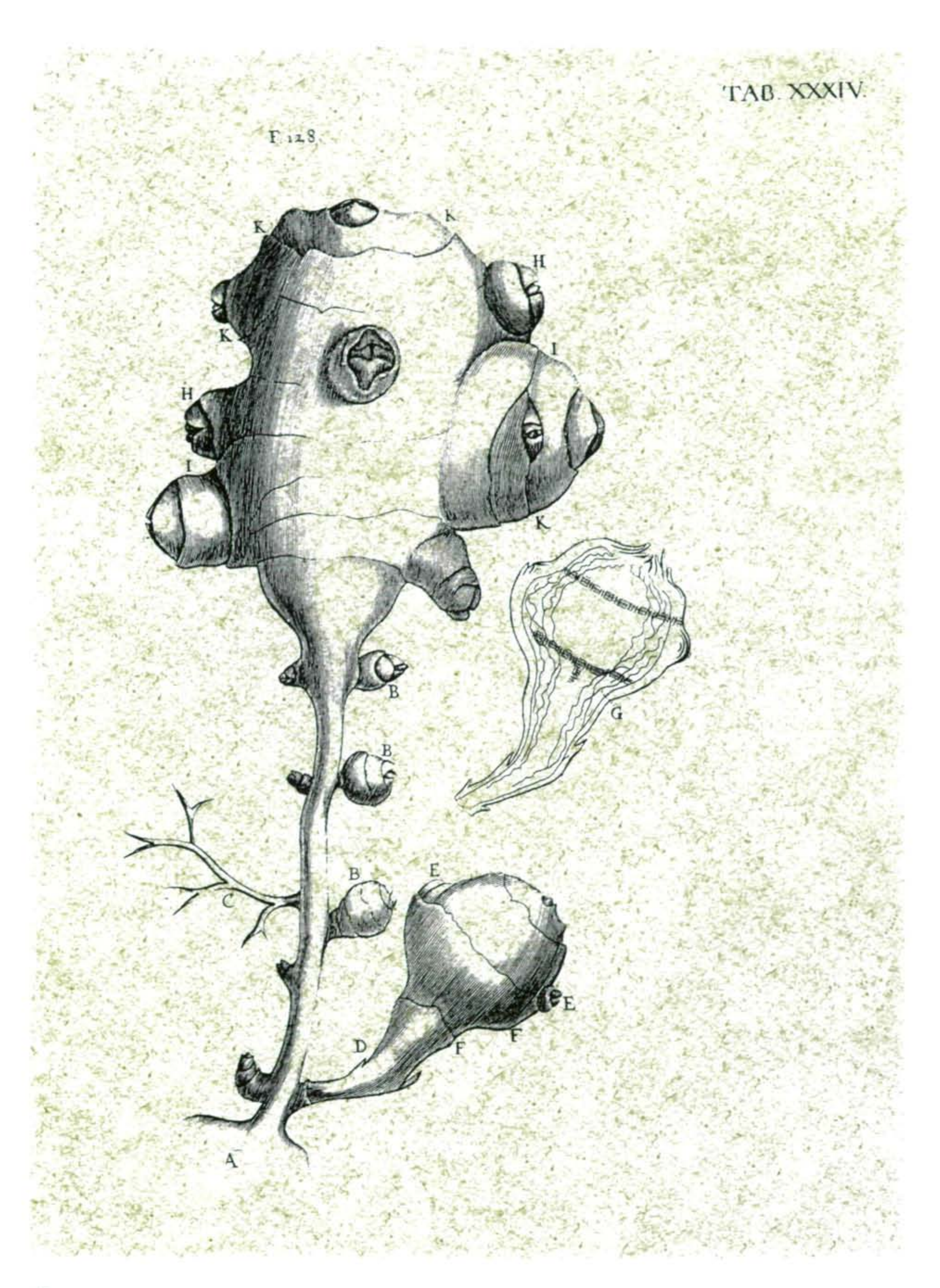
cortice



TAB. X XXI.
F. 120.
A
A
B
B
B
B
C
C
F. 121.
A
B
C
B
E
F
A C B
G
G


TAB. XXXII.
F. 122.
F
F
B
A
B
B
C
C
C
C
E
D
F. 123.
C
A
C
B
D
D
E
E
E
F
G
F. 124.
B
A
C
C
E
D
F
G


TAB. XXXIII.
G
F
G
H
I
L
K
F. 125.
A
A
B
B
C
C
F. 126.
A
B
C
C
D
E
F
F. 127
A
B
C
C


TAB. XXXIV.
F. 128.
K
K
H
K
I
H
I
K
B
B
G
B
E
C
E
F
D
F
A

cortice cooperitur; sed diaphanus tantùm ichor, cuticulâ contentus, apicem explet.

In *Chelidonio minori*, seu *Scrofularia* (124.) truncus, seu Radicum nodus *A* minimus est, sursum folia eructans, quibus corruptis, ligneæ fibræ *B* supersunt; inferiùs autem producuntur tuberosæ Radices *G*, diversis constantes figuris, à quibus pili erumpunt. Harum medium ligneus cylindrus *D* cum tracheis & fistulis perreptat, & utriculorum striæ *E* reliquum explent. Circa Septembris finem gemmæ *F* manifestantur; & tenellæ, novæque Radices *G*, pilis conspersæ à gemmæ basi erumpunt. In principio Maii elongatus caulis humi repens non rarò in singulis nodis novas quoque emittit tuberosas Radices. In axilla etenim ex lato folio *F* gemina frequenter erumpit Radix *G*, quarum altera solet etiam folii implantationem lacerare. Subsequitur nodus *H*, à quo folia & cauliculi elongantur, & ab horum axilla copiosæ quoque Radices *I* emergunt, tandem ab ulteriori nodo *K* supra folii *L* implantationem geminæ radiculæ pullulant.

Consimilem structuram deprehendimus in *hortensi Ranunculo* (125.) à cujus minimo trunci nodo tres emergunt gemmæ *A*, suas pariter emittentes albas radiculas *B*. Deorsum pendulæ protuberant tuberosæ Radices *C*, racematim collectæ. Varias sortiuntur formas, & magnitudines, ligneóque cylindro ipsarum centrum excurrente & utriculis conflantur.

Palmæ Christi Radix (126.) pari proportione vegetat. Hæc caulem *A* à trunci nodo attollit, cujus basi hæret gemma *B*: non longè erumpunt sex vermiculares Radices *C*, pilis conspersæ; inferiùs verò pendet tuber antiquum *D*, quod jam tabescendo in novum bulbum *E* absumitur: hic in geminas definit Radices *F* pilosas. Totum tuberosum corpus fistularum lignearum, & trachearum contexturâ investitur; intus verò candidis utriculis repletur.

In *Anemone* (127.) appendices pariter trunco continuatæ quasi ejusdem laciniationes videntur. Hujus varia est magnitudo, & species; trium autem annorum Radicem non inelegantem delineavi. À summitate gemma *A* erumpit multiplicibus foliolis contexta; reliquum *B* coloris æruginosi asperum, & furfuraceum, parúmque depressum, Radices emittit *C* graciles. Singulæ exaratæ appendices novis Radicibus in recentem vegetant plantam.

Elegantissima præ cæteris est *Asteris Attici Peruviani Farnesiani* Radix (128.) Hæc lignea est, & perpendiculariter elongatur; unde lateraliter minores germinat Radices, quæ non admodum duræ sunt, à quibus gemmæ prominent, & in tam vastas excrescunt appendices; ut monstruosæ reddantur. Placuit autem simpliciorem delineare Radicem. Hæc à ligneo Radicis trunco *A* exoriens horizontaliter productas gemmas *B* hinc inde germinat; & interdum minores radiculas *C*. Gemmarum magnitudo varia est, ut intuenti patet: prope enim exortum elongata gemma, seu altera Radicis propago *D* occurrit, quæ in apice tuberosa reddita, latentes quoque gemmas *E* custodit; in hac foliorum exortus, seu fines *F*, quibus olim gemma compaginabatur, adhuc supersunt, & si per longum secetur, trachearum progressum

greſſum G manifeſtat; reliquum verò rectis fibris mollibus, & tranſverſalium utriculorum ordinibus completur. Eandem ſtructuram in extremo Radicis obſervamus: hæc in monſtruoſam adaucta molem, turgentes hinc indè gemmas *H* emittit, quarum aliquæ *I* ramorum inſtar, novas pariter gemmas pullulant: ipſius color cinereus eſt, & cicatrices *K* caducorum foliorum adhuc ſervans; gemmæ verò mitralibus excitatæ foliolis, rubicundo ſuffunduntur colore.

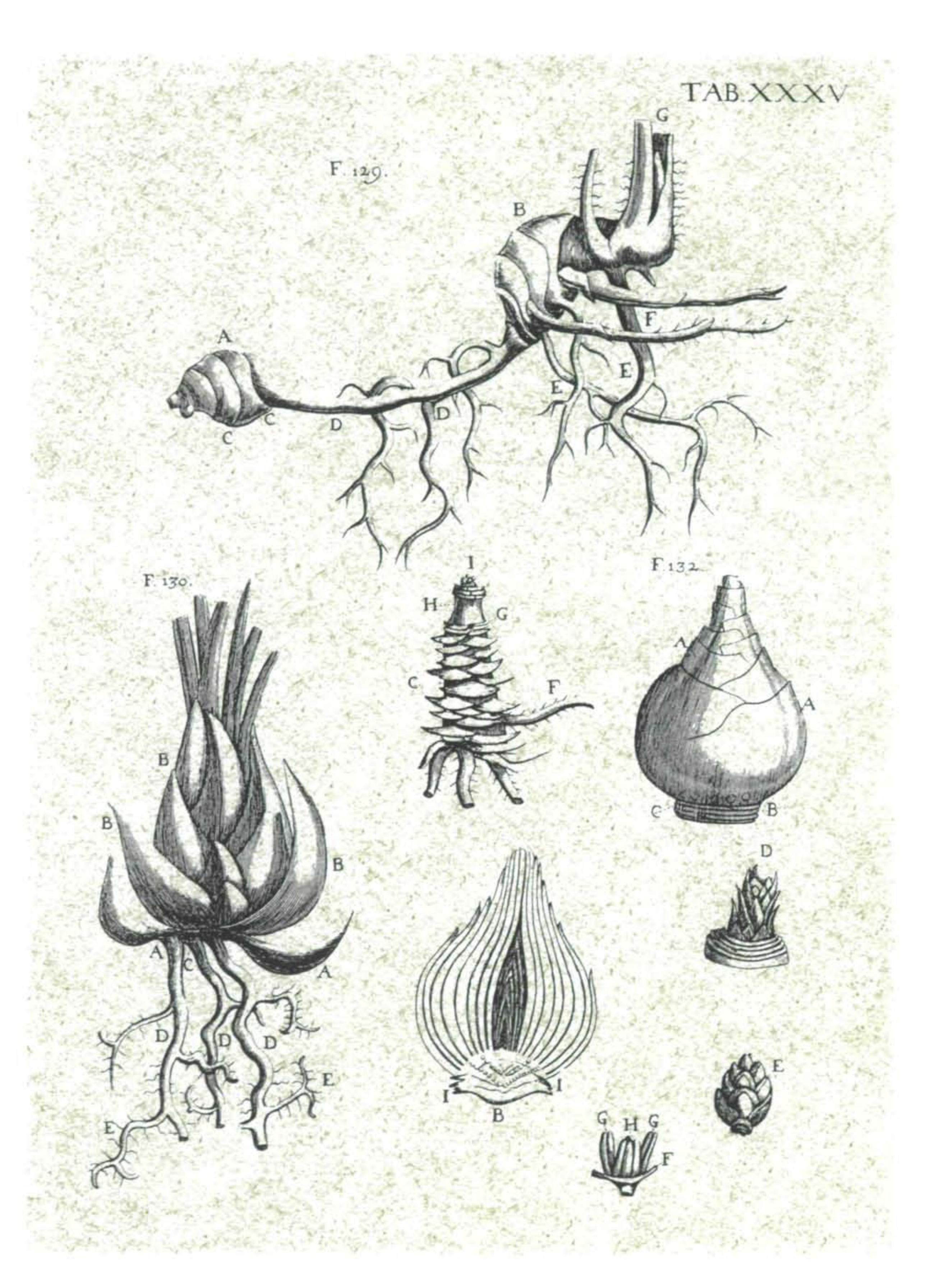
Aconiti pardelianche (129.) quoque Radix mira eſt, quæ circa finem Maii examinata, antiquum tuber, ſeu bulbum *A*, jam tabeſcentem exhibet; hic enim ſenſim gracilior redditur, vegetante novâ bulbosâ gemmâ *B*. Viridis eſt, & foliorum adhuc veſtigia *C* ſuperſunt; radiculæ jam corruptæ deliteſcunt. Ab hoc Radicis ſurculus *D* elongatus in gemmam *B* deſinit: hæc primò gracillima eſt, turgente materno tubere *A*; paulatim autem vegetatione, emiſſis Radicibus *E*, & ſurculis *F* tuberoſa redditur; caulémque & folia *G* promit. Exteriùs viridis eſt, ligneóq; involucro ambitur: intus ſubalbis ſcatet utriculis.

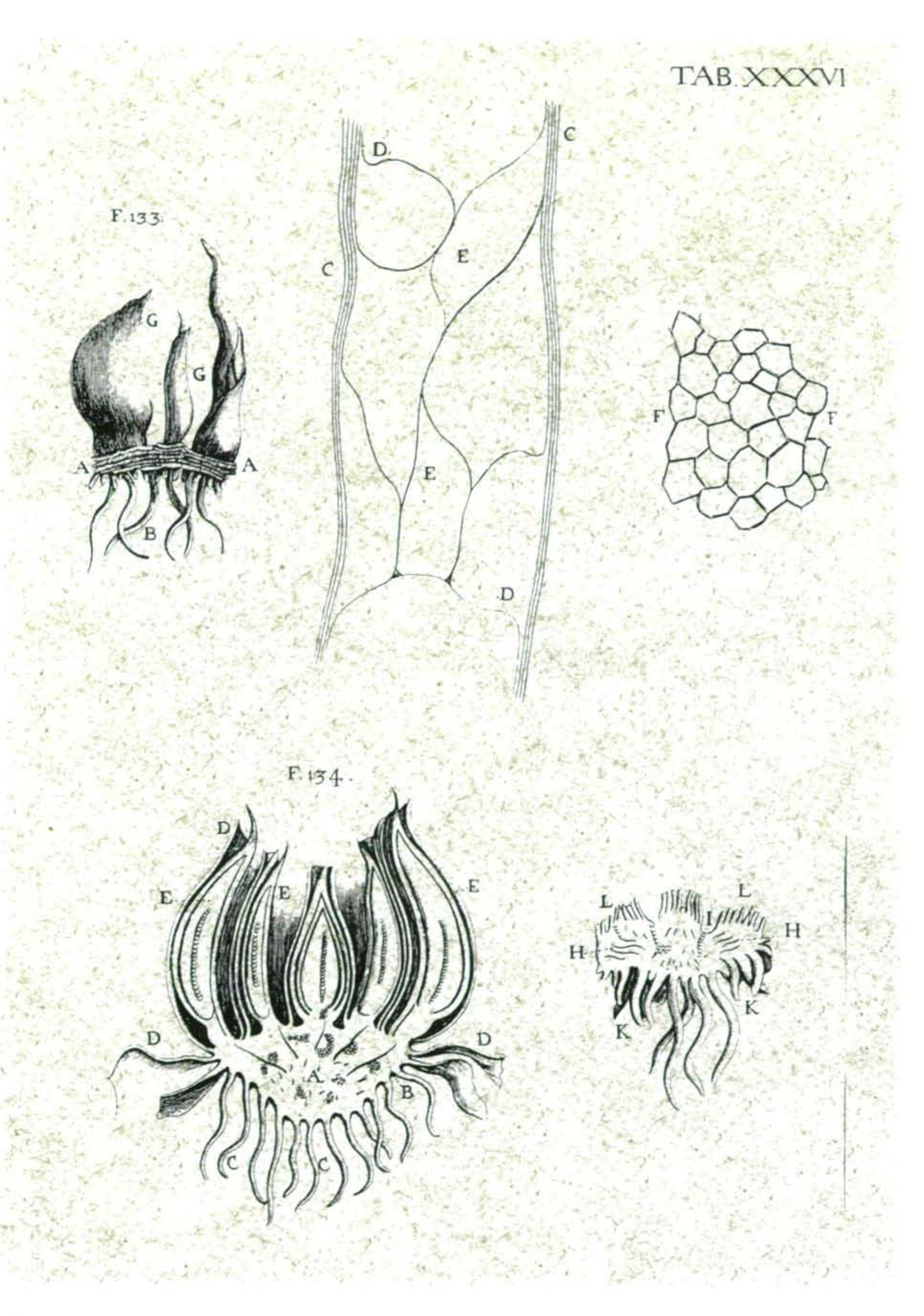
Ceparum ingens genus, quibus multiplices herbæ donantur; analogâ hâc pollent ſtructurâ: harum enim infimam baſim, ſolidum quoddam corpus occupat, quod trunci vices gerit; hócque in folia & caulem attollitur; hinc indè verò appendices in varias foliorum formas emittit. Hoc apprime in *Lilio albo* (130.) occurrit. A bulbi inferiori parte *A* plerumque in autumno pendent folia, ſeu laciniatæ appendices ſubluteæ, quæ concepto ſucco contabeſcunt. Succedunt varii quoque foliorum ordines *B*, quæ exteriùs gibba ſunt; interiùs autem parùm concava: ità ut invicem adaptata, bulbum efforment. Exortum trahunt à radicali trunco *C*, à cujus baſi Radices *D* ſubluteæ promuntur, quæ ulteriùs radiculas emittunt *E*, candidis conſperſas pilis. A radicali cylindro *C* ſub diverſis planis folia oriuntur, inter quæ novæ quoque Radices *F* manifeſtantur, & in apice folia *G* germinant, caulem *H* ambientia, qui intra gemmam pluribus contextam foliolis, florem *I* fovet, & ſtamina præ reliquis manifeſtantur. Exarata folia utriculis, ſucco turgidis, conflantur & ligneis faſciculis tracheas continentibus.

Brevior, minórque truncus in reliquis bulboſis occurrit, ut patet in *Hyacintho Mattioli* (132.) cujus Radix craſſis foliis, ſeu involucris *A* à communi trunco *B* exortis, conglobatur. Craſſa hæc folia exteriùs non undequaque ſubjecta ambiunt involucra, ſed relicto angulari ſpatio hiant, quod interioribus non accidit, quæ ex toto ſubjecta inveſtiunt folia. A trunci baſi plura folia circa finem æſtatis tabida collabuntur; unde cicatrices *C* ſuperſunt. Exaratus truncus, à quo ſingula folia *A* exortum trahunt, ſuperiùs rotundus eſt, & in ſummitate gemmam *D* cuſtodit, à latere antiqui caulis emergentem: hæc viridibus conſtat foliolis, florem in centro cuſtodientibus; híſque avulſis, florum congeries, ſeu racemus (pini fructum æmulatus) *E* occurrit; & quilibet laceratis foliolis *F*, ſtamina inſignia *G*, & ſtylum *H* offert. Truncus *B* à lateribus novas fovet Radices *I*, fibríſque, tracheis & utriculis conſtat.

Parem ſtructuram in *hortenſibus Cepis* (133.) deprehendimus: baſis enim *A* coronæ inſtar loco trunci eſt; unde inferiùs Radices *B* erum-

dunt:


TAB. XXXV
F. 129.
A
B
C
C
D
D
E
E
F
G
F. 130.
A
A
B
B
B
C
D
D
D
E
E
F. 132.
A
A
B
C
D
E
I
H
G
C
F
I
I
B
G
H
G
F


TAB. XXXVI
F. 133.
G
G
A
A
B
D.
C
C
E
E
D
C
F
F
F. 134.
D
E
E
E
D
D
A
B
C
C
D
L
L
I
H
H
K
K

punt: circumcirca verò folia, hîc avulsa, emergunt, quæ crassâ suâ corporaturâ concava, universum Cepæ corpus ambiunt: sunt enim continua sese invicem amplexantia; unde Cepæ notum omnibus corpus efficitur. Quælibet folia, seu crassa hæc involucra, variis partibus de more componuntur. Primò namque cuticula occurrit, sub qua diversi ordines utriculorum locantur; qui variam magnitudinem, & figuram sortiuntur: ipsorum series fibroso reti appenduntur, quod diversis vasorum generibus constat: plures etenim fasciculi *C* foliorum, mediam regionem occupantes à trunco *A* erumpentes, sursum recti feruntur: componuntur autem pluribus ligneis fistulis, in fasciculum congestis, cujus centrum trachea occupat, & peculiare vas; unde secti ichorem, quasi lac fundunt. Ab hujusmodi fasciculis identidem separantur nonnullæ fibræ *D*, quæ aliis associatæ, delineatum rete efficiunt, cujus areas *E* pendentes utriculorum catenæ replent. In exaratis areis supra descriptos utriculos rete minimum *F* extenditur à ligneis fistulis productum, quo singuli utriculi colligantur. Inter exposita folia plures gemmæ *G* circa autumnum à trunco assurgentes, custodiuntur, quæ tandem in novas Cepas excrescunt: suis pariter foliis componuntur, quorum exteriora candida sunt; interiora autem viridia. Harum exortus in secto caudice patet: hic namque fasciculis fibrosis *H*, & tracheis constat, ità implicitis; ut ipsarum progressus attingi nequeat. Ab his utriculorum ordines *I* pendent. Hæc omnia inferius in novas Radices *K* elongantur, superius autem in gemmarum folia *L* vegetant.

Majorem pariter gemmarum eruptionem à minimo subjecto trunco in *hortensi Allio* (134.) admiramur. Æstate etenim ex foliis, & introturgentibus copiosis gemmis, quæ soboles quibusdam dicuntur, Allii corpus protuberat; singula autem patent, factâ per longum sectione. Inferius igitur truncus *A* locatur, utriculis, fistulis & tracheis *B* constat, à quo Radices *C* pendent; superius autem folia, seu involucra *D*, minùs tamen gracilia sunt; ac in exaratis Cepis occurrunt, quæ invicem convoluta, calamum efficiunt, & quasi caulem: hæc temporis diuturnitate, adauctis gemmis, contabescunt. Inter hæc itaque folia gemmæ *E* attolluntur, quæ à trunco *A* separata in novum Allium extuberant. Quælibet gemma propriâ constat formâ; quatenus scilicet contiguis gemmis, & foliis angustatur & comprimitur. Exterius gibba *F*; interius verò parùm concava, & à subjecto trunco *G* ortum trahit. Secta per longum exteriora involucra *H* exhibet, sub quibus pericarpium, seu caro utriculorum, seriebus *I* per longum statutis, coagmentatur. Scissura *K* per longum ducitur, & in basi à trunco *L* germen, seu gemmula *M* assurgit. Avulsa hæc gemmula ab ambiente pericarpio talem secundùm latiorem prospectum, speciem *M* exhibet, à cujus basi minimæ radiculæ *N* adhuc pericarpio custoditæ, erumpunt; interius verò plurium foliorum contextura *O* luxuriat, quæ sectâ gemmulâ patet.

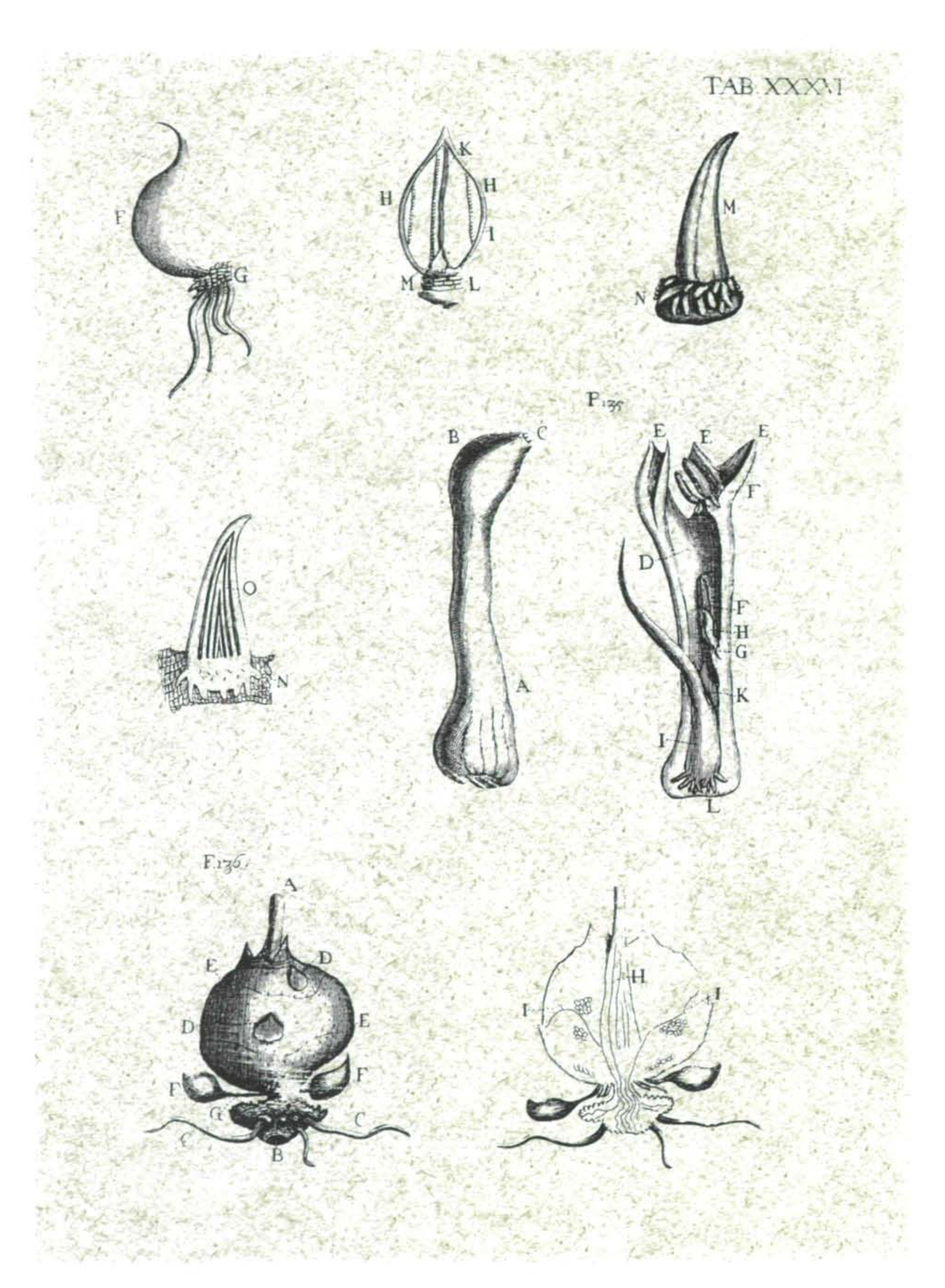
Non minori feracitate luxuriant exarati trunci in Cepis sub terra conditis, ac in aperto aere arborum rami, qui singulo anno plures emittunt gemmas; unde interdum bulbi turgente vegetatione, novâ acquisitâ formâ, non unam promunt gemmam, sed multiplicem. Ità

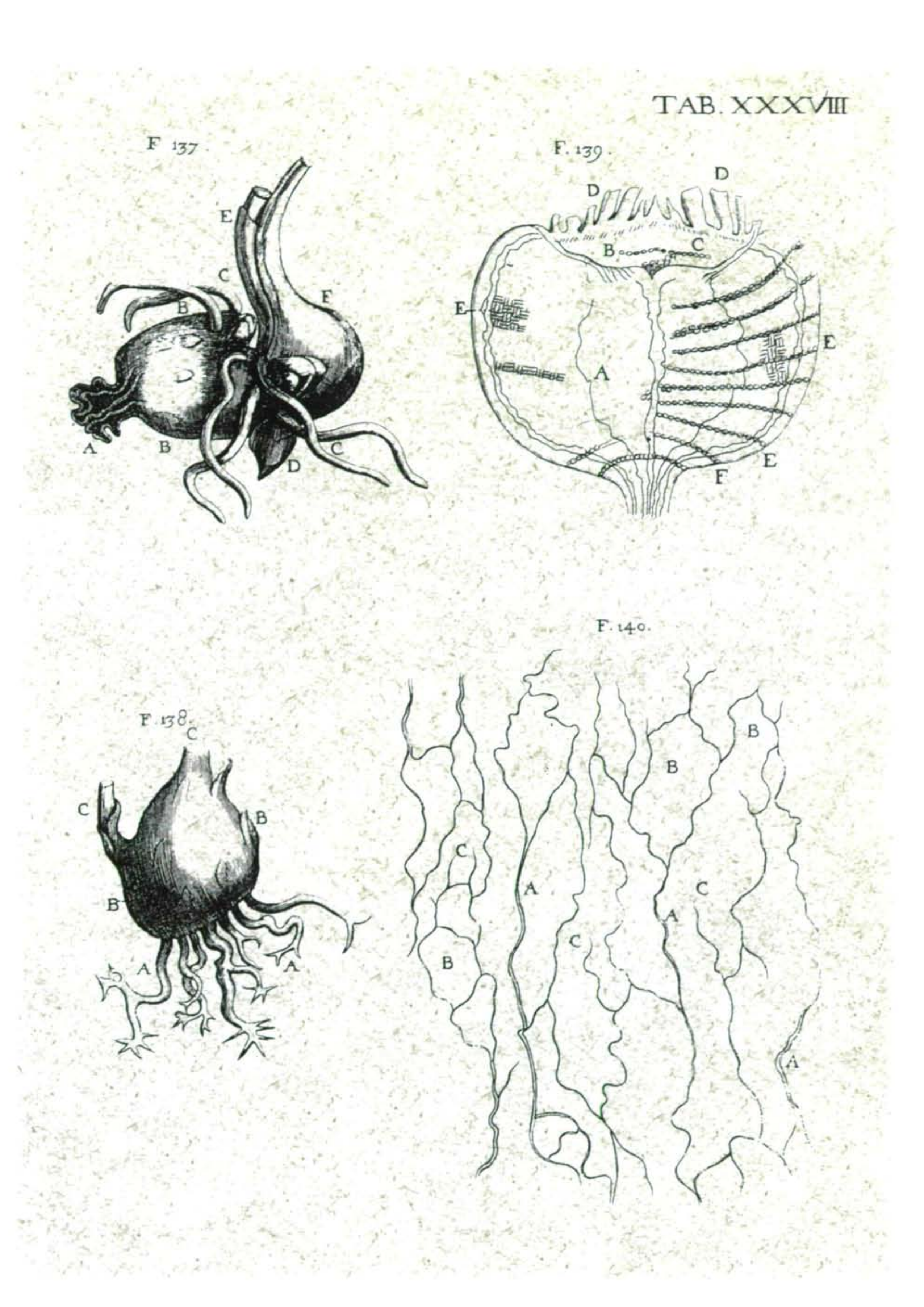
in *Belgico hyacintho* (135.) non ſemel obſervavi. Hujus Cepa latâ baſi, à qua radices emergunt, turgido attollitur corpore: quod ſenſim gracileſcendo in conum deſinit. Placuit tamen grandiorem, & quaſi monſtruoſam rimari, cujus exterior forma oblonga eſt; in baſi namque protuberat, & ſtriatum eſt exterius involucrum *A*, radiculas emittens, turgido terminatur capitulo *B*, quod in apice *C* hiat: ſectum autem per longum elegantem offert ſtructuram. Exterius itaque involucrum, ſeu folium *D* concavum interiora versùs, varias promit appendices, & quaſi folia *E* acuminata, quæ ſeſe invicem amplexantur, reliquarum Ceparum more. Minora hæc folia, non à baſi, ſeu trunco exoriuntur; ſed in diverſis planis ab interiori folii *D* parte, non horizontali; ſed ſpirali principio erumpentia, ſurſum attolluntur; unde in ipſorum axillis gemmæ, ſeu ſoboles *F* cum radicibus *G*, & exteriori involucro *H*, cuſtodiuntur. A baſi Cepæ grandior aſſurgit gemma, involucro *I* obvoluta, quæ ſuis pariter foliis *K* coagmentatur, & radiculas *L* emittit. Analogam igitur trunci, ſeu caulis ſpeciem in exaratis Cepis admirari licet, inversâ tamen viâ; cùm in arboribus ab exteriori ambitu erumpant: in his autem intra quaſi fiſtulam incluſæ cuſtodiantur. Et ſicut in vulgaribus Cepis, & bulbis inter folia ab unico nodo, ſcilicet à ſubjecto trunco exoriuntur folia; ità in hac ab unico tubuloſo folio immediatè diverſas pullulante appendices, variæ emergunt gemmæ. Ex his itaque nil mirum ſi in *Scillæ* foliis in fruſtula redactis, gemmarum vegetatio contingat: in his enim cùm vaſorum faſciculi præexiſtant, à quibus utriculorum ordines pendent; quaſi diviſorum truncorum, ſeu caulium vis adhuc manutenetur.

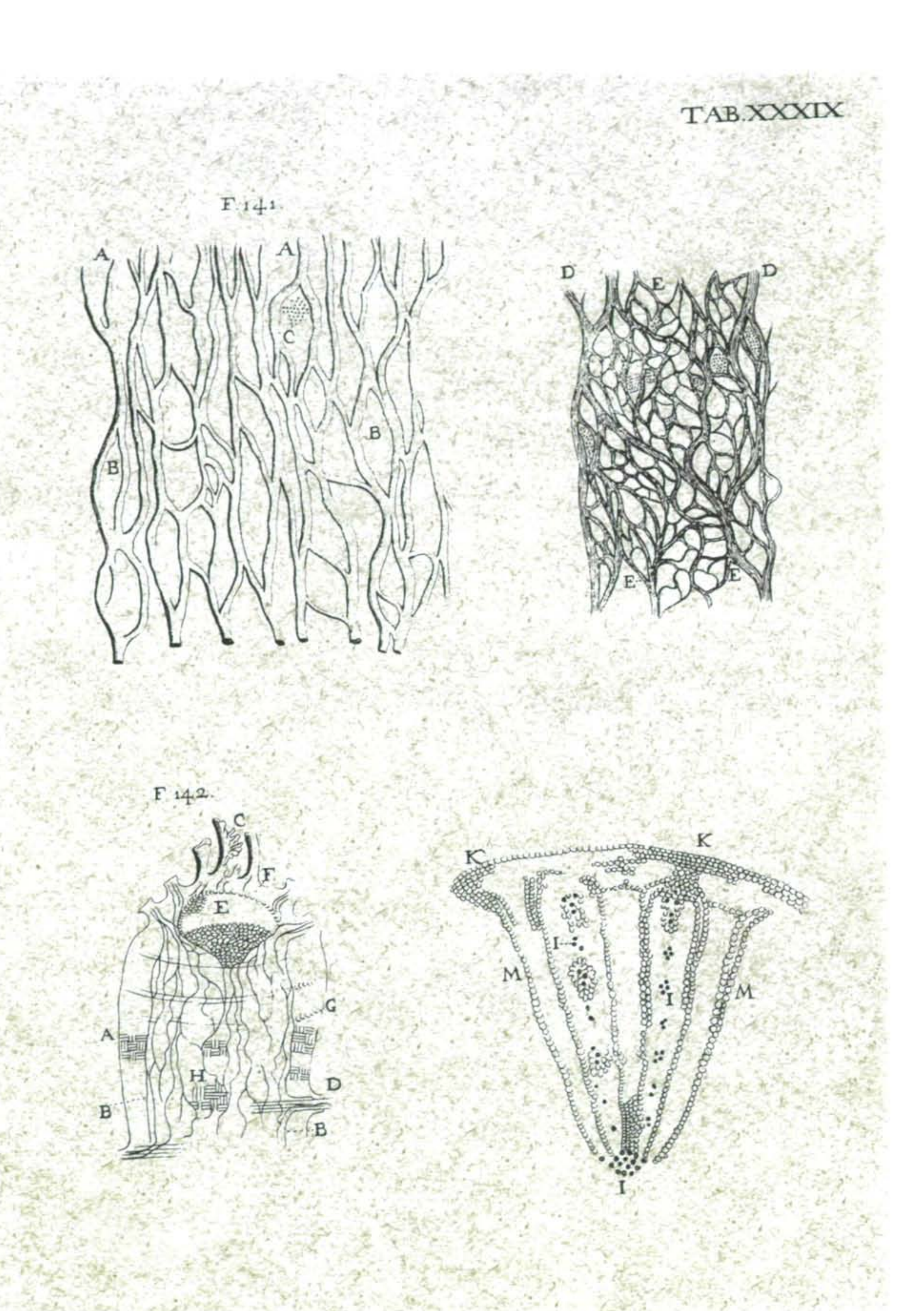
Hucuſque bulborum formas, quos Natura in diverſa folia laciniat, percurrimus: modò fas eſt ut bulbos, ſeu tubera quæ in continuatum corpus conglomerat, brevi examinemus. Inter hæc elegans occurrit *Gladioli* (136.) bulbus; hic Julii menſe obſervatus aſſurgentem caulem *A* exhibet. Inferiùs pendet antiquus bulbus *B* in rugoſum folliculum exſiccatus, à quo Radices *C* erumpentes horizontaliter producuntur. Tuberis ſeu bulbi exterior ſuperficies foliolis, & involucris denudata, varias gemmas *D* offert, & non longè ab harum exortu folia inferiùs de more erumpunt, quæ hic avulſa, ſola fiſtularum fragmenta *E* relinquunt: unde quaſi caulis, ſeu trunci ſpecies occurrit: à baſi pariter tuberis gemmæ *F*, ſeu ſoboles pendent fibroſo pediculo *G* firmatæ. In ſecto hujuſmodi bulboſo trunco fiſtularum & trachearum faſciculus excurrens *H* apparet; ejúſque ramificationes *I*, quibus utriculi appenduntur. Circa autumnum vegetatione validior gemma, recepto à trunco, ſeu bulbo nutritio humore protuberat, ſurſúmque erigitur, novâſque à baſi emittit Radices & ſenſim parentis bulbi ſuccum abſumit.

Aron quoque (137.) in principio æſtatis inſigni pollet bulbo, ſeu tubere, à quo in extremitate pendent corrugatæ membranæ *A*, & loco turgentis olim corporis, minimi quaſi globuli ſuperſunt. Subſequens tuberis portio *B* æruginoſi coloris membraneo involucro, criſpo, corruptóque ambitur. Hæc circularem promit Radicum *C* coronam gemino, vel triplici contextam ordine. Non longè plures ſoboles *D*

erum-


TAB XXXVI
F
G
K
H
H
I
M
L
M
N
F.135
B
C
E
E
E
F
D
O
N
A
F
H
G
K
I
L
F.136
A
E
D
D
E
F
F
G
C
C
B
H
I
I


TAB. XXXVIII
F 137
E
C
B
F
A
B
D
C
F. 139.
D
D
B
C
E
A
E
E
F
F 138
C
C
B
B
A
A
F. 140.
B
B
C
A
C
A
C
B
A


TAB. XXXIX
F. 141.
A
A
C
B
B
D
E
D
E
E
F. 142.
C
F
E
G
A
H
D
B
B
K
K
I
I
M
M
I



erumpunt, quæ caducis foliolis, gemmarum instar, custodiuntur: pediculo firmantur; quo lacerato, emancipatæ separantur. In apice caulis *E* attollitur. Ab hujus basi gemma *F* erumpit. Sectus hujusmodi bulbus candidis utriculis mucosâ materiâ refertis constat unà cum fibrarum implicationibus.

Conglobatam pariter trunci, vel caulis naturam in *Orobanche* (138.) sufficienter admiramur; cujus bulbus, seu tuber ab inferioribus varicosas promit Radices *A*, quæ minores edunt radiculas; reliquum bulbi copiosas producit gemmas, quæ exteriori, caducóque folio *B* custodiuntur: harum aliquæ in caulem *C* excrescunt. Interiùs non longè à cuticula ligneæ fibræ, cum tracheis, globosum corpus ambiunt, & in gemmas derivantur: contenta verò bulbi interior area, variis transversalium utriculorum ordinibus occupatur.

Exposita Radicum natura in *Rapis* quoque (139.) elucescit. Placuit harum compositionem attentiùs rimari; & prout licuit in re tam obscura, hujus speciem adumbrare tentavi. In secto igitur Rapæ bulbo tracheæ *A* ad latera curvatæ, sursum varicosæ producuntur; & ubi summitatem attingunt, ad extra curvari videntur; unde area *B* transversalibus utriculis referta excitatur. Non longè ab exteriori superficie, quasi sub cortice, ipsarum quoque manipuli *C* deducuntur, qui in folia *D*, & caulem disperguntur. Reliquum spatii, fistulis ligneis (mollibus tamen) cum transversalibus utriculorum ordinibus *E* implicitis repletur: horizontales autem utriculorum ordines, varium situm *F* tenere videntur.

Elegans est trachearum rete, quod in Rapis & *Raphano* (140.) observamus. Avulso bulbi cortice candidæ occurrunt tracheæ sursum per pericarpium productæ. Hæ non raró varicosæ sunt, argenteóq; pollent colore: in fasciculos quoque *A* colliguntur; unde tres vel quatuor numerantur congestæ tracheæ. Interdum ut videre licuit; novæ promuntur ramificationes. Ex varia itaque trachearum productione, diversæ areæ *B* excitantur. Nonnullæ tamen tracheæ *C* relictô exteriori rete, quod sub cortice pericarpium, seu bulbi carnem ambit; interiùs elongantur, & aliis reticularibus trachearum implicationibus associantur; ita ut fiat colligantia inter omnia plana trachearum.

Non minori implicatione gaudent ligneæ fibræ in eodem Raphano & Rapis (141.) si præcipuè in cortice lustrentur. Plures fasciculi *A* sursum producuntur, qui copiosis congesti fistulis, proximis, associantur manipulis; unde areæ *B* excitantur, quæ transversalium utriculorum seriebus *C* occupantur. Quælibet ulteriùs area gracillimis fibris in funiculos quasi congestis, & reticulariter implicitis, repletur. Ab insignioribus etenim fasciculis *D* hinc, indè minores, & graciliores promuntur manipuli *E*, quæ ulteriori implicatione factâ; rete efficiunt: quin & angustiores censeo reddi areas ex ulteriori facta implicatione: quare ex horizontalibus seriebus, quæ hæc spatia occupant, & ex fibrarum perpendiculari opere, fit exaratum superius rete.

Eandem partium compagem in Raphani Radice (142.) perpendiculariter secta, observare licet. Exteriùs obducitur quasi cortex *A*, sub quo tracheæ productiones *B* custodiuntur, varias efformantes areas, & in

in folia *C*, & Radices *D* derivantur. In ſummitate ſpatium *E* efformatur, quod medullæ utriculis repletur; ambiens verò (exterior ſcilicet portio *F*) tracheis, & fibris irrigata, in folia *C* laxatur; totum autem Raphani corpus horizontalibus ordinibus *G*, & rectis, mollibúſque fiſtulis, per ſuperequitationem *H* implicitis, completur. Facta pariter horizontali ſectione, trachearum ora *I* à cortice *K* versùs medullam ſituata apparent: ſpatia verò horizontalibus utriculorum ſeriebus *M*, & detruncatis ligneis fibris replentur.

Viventium ordines Natura, variis in regionibus, ità diſpoſuit; ut in his, & ſibi quærant alimoniam; & ſi quando moveri oporteat, divagentur. Ità homines, & innumera animalium genera, in humillima aeris regione viventia, ſupra terræ ſuperficiem vagantur. Piſces quoque profundiùs locati in aqua victitant; aves in aere ſublimiùs habitant; & frequens viliorum animalium & inſectorum turba terrâ conditur. Quædam pariter viventia, non unicâ contenta regione varias amant; ità ut ex aere, & aqua, vitæ elementa percipiant. Plantarum igitur genus motu orbatum, adeò ſtabile figitur in familiari, & amica regione; ut ex proxima, ſibíque ambiente ſphæra vitæ & auctionis principia hauriat: eâ tamen ratione, ut plures exigat oras; unde ferè ſemper in terra immergitur; trunco verò, vel caudice aſſurgens; aerem vel aquam inhabitat: quapropter rationi conſonum videtur, Radices plantis datas eſſe, ut ipſarum præcipua portio, ſub terra condita, alimentum ſibi adſiſcat, & in aliquibus diu præparatum, conſervet pro germinatione. Hoc apprime in quibuſdam plantis deprehendimus, quæ inſigni quaſi trunco, ſub terra condito, pollent; à cujus lateribus & extremitate elongantur radiculæ. In trunci, & appenſarum Radicum medio, plures utriculorum ordines cuſtodiuntur, qui à radiculis (hæ fibræ antiquitùs dictæ) delatum ſuccum fovent, & ſervant; ipſúmq; ab ambientis aeris ſalinis particulis, ſeu variâ caloris & frigoris injuriâ tutantur: unde conditus diù humor luxuriante terrâ; in folia, & caudicem, ſeu uterum germinat. Hic progreſſus in bulbis & tuberibus evidentiùs pariter patuit; in quibus interdum conglobatum corpus, tenellas fibras perpendiculares, tracheas varicoſas, & horizontales utriculorum ordines conglomerat: & à lateribus, & quaſi dorſo gemmas emittit, quæ in caulem excreſcentes, vegetant. Eadem lege Cepas, & bulbos Natura fabrefecit; quaſi ſepultos laciniatóſque truncos, quorum medium licèt frequenter perpendicularis truncus non occupet; nodus tamen perpetuò extat; fibrarum ſcilicet trachearum, & utriculorum implicatio: à quo craſſa modò involucra; modò appendices pendent, cui pariter emanantes Radices alimentum miniſtrant. Hanc conjecturam firmant exorientes à bulbis gemmæ, quæ ab exarato trunco pullulantes, inter involucra cuſtoditæ, & quaſi in foliorum axillis conditæ; ſuum exortum & incrementum capiunt: unde contentus in bulboſis foliis humor, adventante vegetatione, turget, & per propria vaſa in gemmæ Radicem derivatur, & non parùm abſumitur: quod in pleriſque bulbis, & præcipuè in hortenſibus Cepis, in aere appenſis; nullo adveniente exteriori humore germinantibus, occurrit. Quin & in *Tulipa*, *Gladiolo* & ſimilibus, ſoboles quamplurimæ, ut vidimus, inæqualibus

libus pediculis trunco continuantur; quibus tabescentibus emancipantur; unde quasi pendulæ gemmæ videntur. Hæ itaque gemmæ novas emittunt Radices; & sui juris factæ, propriis præsunt muneribus. Recolligitur ergo in tuberibus, crassísque Ceparum foliis alimentitius succus, qui à radiculis transductus, & propriis utriculis congestus; adventante vere in novum caulem, flores, & semina ferè absumitur: ulteriori autem in vegetatione, novus iterum cumulatur humor in tenello bulbo, sensim augescente; qui æstate & autumno, licèt augmentum non capiat; longâ tamen hac morâ fermentatur, & excoquitur: unde recenti subministrato à solo humore, vel ex seipso in novæ gemmæ caulem deductus; vegetationem iterum inchoat, non dispari viâ; ac in trunco, & caule supra terram luxuriante accidit: in his enim probabiliter folia & cortex excoctum succum surculo, cui inseruntur, remittunt; qui in horizontalibus utriculis fermentatus, vegetanti tandem gemmæ in axilla præstò est, unà cum reliquo humore; qui in grandioribus ramis & trunco ipso custoditur.

Nec in vegetatione ipsa discrepant Radix, tuber & bulbus, ab elongato in aere trunco. Sicut enim tenelli surculi annotini, & interdum turgente alimento, antiquiores rami, & truncus ipse, novas in vere exerunt gemmas, quæ in surculos, & uteros prorumpunt; ità in arborum Radicibus, à tenellis fibris delineatæ olim gemmæ in radiculas producuntur, & in bulbis erumpentes tandem radices (corruptis antiquioribus) alimentitium succum suppeditant. In plerísque herbis à basi pariter emergentes gemmæ, Radices quoque emittunt; prioribus sensim tabescentibus. His accedat, quod sicut arborum trunci aliquot, reliquíque rami excisi, frequenter novas exerunt gemmas, quæ in surculos attolluntur, suásque promunt Radices; idem & in tuberum & bulborum frustulis accidit: fibrarum etenim fasciculi per tuberosum producti corpus, ex adveniente ab appensis utriculis copioso succo, turgidi; in gemmam indéque in caulem luxuriant, & radiculas emittunt.

Quâ ratione autem alimentum Radices subingrediatur; meos adhuc sensus fallit. Ut probabiliter tamen conjectari licet; aquæ particulæ solutos sales, & reliqua mineralia per terram dispersa, sibi associant, ac fluida reddunt: appellénsque hujusmodi heterogeneum corpus ad plantarum radiculas, veluti per cribrum trajectum; in ligneas fistulas exprimitur. Solum etenim, utplurimùm vitrefactis frustulis, salinis particulis, metallorúmque portiunculis coagmentatur: unde pluvialis aqua, veluti per emporaceam chartam percolata, solutísque mineralibus impregnata; proprio pondere, & urgentis aeris elatere impellitur, & occurrentes plantarum fistulas subit, à quibus in transversales ordines exoneratur. In animalium ventriculis cibaria variæ naturæ, & aliqualem sortita soliditatem, menstrui ope in fluorem reducuntur: intercedente namque fermentatione, ad quàm minima intimâ miscellâ invicem adaptantur, & incongruorum tandem præcipitatio succedit, talis partium compages ex innumeris ferè commixtis subsequitur, ut sola hiantium vasorum vel saltem glandularum lactearum ope chyli separatio, & in lactea vasa introitu succedat. Ità in terra (quæ ventriculi loco vegetantibus est) sales varii, & mineralia aquâ soluta, aeréque turgida;

S radiis

radiis solaribus in fermentationem adacta, varias subeunt adaptationes & præcipitationes; dum per vitrea solidáque terræ frustula transducuntur: ità ut ipsis, superficierum cognatione, plura hæreant: reliqua verò frequentium Radicum tubis præstò sint & intrò pellantur.

Quænam sint portæ, seu hiantia orificia, quæ propulsum fluidum cribrent, & determinatè admittant; adhuc dubium. Circa tenellas Radices pili copiosè luxuriant, hinc indè: sunt autem pili candidæ fistulæ, & gracillimæ, minimis orbiculis, invicem hiantibus, coagmentatæ; unde horum orificiis determinatæ figuræ analogam fluidi partem ambientium vi expressam, admittunt, & ligneis fistulis reddunt. Ubicunque Radices à proxima terra per spatium aliquod distant; pili hujusmodi in rete implicantur; & circa frustula luxuriant, & quodammodo tensi manent. Quoniam tamen non quæcunque bulbosa, & Radicum genera pilis patenter ditantur; ideo dubitandum occurrit, an in hujusmodi bulbosis percolatio subingredientis liquoris fiat ab exteriori ambiente cuticula; ità ut ab hac in contiguos utriculos, quibus Ceparum involucra coagmentantur, transitus succedat. In *Rapis*, & similibus geminæ occurrunt partes, quibus externum alimentum admitti potest; fibræ scilicet rectæ, & molles, quæ cum horizontalibus utriculis incruciatæ; non ad unum deducuntur punctum, seu radicularum nodum; sed quasi perpendiculares, obscurum in cortice finem, mihiq; adhuc ignotum, sortiuntur: transversales item utriculorum fasciæ, in exteriorem corticis regionem desinentes; quibus omnibus probabiliter succi ingressus succedere potest. Si enim per extrema fistularum ora alimentum rapitur; illico transversalibus ministratur, ut in minimis radiculis, quæ fibræ appellantur, probabiliter accidit; in quibus ad extrema usque fistulæ deducuntur, transversalibus utriculis parùm luxuriantibus. Sin autem utriculis hoc munus à Natura datum sit, cùm plures ipsorum ordines bulbos, & Radices arborum ambiant horizontalibus fasciis, externus humor sensim communicabitur utriculis, & ab his in contiguas fistulas derivabitur; quod totum sensibus explorandum relinquo. Non raró circa leguminum Radices, ubi præcipuè solum non ità proximè hæret, sed parùm laxius distat; humoris guttulæ rotundæ, & minimæ, à Radicibus pendent. In plantato *Vitis*, *Salicis*, *Populi*que ramo alimentum non solùm obtruncatas, & hiantes ligneas fibras subintrat; sed probabiliter per corticem; ut in humatis plurium arborum ramis, quæ propagines dicuntur, accidere passim observamus, in quibus è parentibus plantis adhuc continuati rami per inflexos arcus supprimuntur, & ex circumaffusâ terrâ novus appellens humor corticis poros aperit: & partim in ascendentes fistulas propagatur; partim transversalium utriculorum ordines ingreditur: quare & ut faciliùs subeat; incisiones frequenter infliguntur; & ut uberiùs penetret humor, & citiùs Radices emittantur; cortex horizontaliter secatur, annulúsque corticeus, satis latus evellitur; ità ut pateat lignum. Emittuntur autem Radices ultra sectionem prope nodum, seu situm gemmæ; & ità annotinus ramus in novam plantam emancipatur. Erumpunt verò Radices, ut in plantata Salice observavimus; quia externus humor horizontalium utriculorum fascias ingressus, ibíque fermentatus,

mentatus, hujuſmodi ordines turgidiores reddit: quare rectæ fiſtulæ non parùm comprimuntur; ità ut aſcendentis ſucci per ipſas motus nonnihil impediatur; & ità fiſtulæ ligneæ tracheas ambientes, varicoſæ redditæ, ad extra curvantur, & novis elongatis productionibus (urgente intus ſucco & aere intra tracheas) Radices horizontales, quaſi appendices promuntur: In ſurculis autem, ubi nodi vel alternatim gemmæ manifeſtantur, Radices infra nodum emergunt; eò quia ad gemmas fibrarum plexus derivatur, & anguſtatâ ſucco viâ ex fiſtulari curvitate, lateralis eruptio neceſſariò ſuccedit: & in humatis Vitis ſurculis non raro à tenellæ gemmæ baſi Radices erumpunt ex turgente humore; qui in gemmæ molem abſumi debebat; ipsâ tandem contabeſcente.

Tranſductus itaque quomodocunque ſuccus in Radicum, & bulborum horizontalibus utriculis, coacervatur: donec vel in radiculas erumpat; vel ſurſum delatus, in gemmas abſumatur. Protuberant autem in tuberibus & in hujuſmodi analogis Radicibus horizontales utriculi, & fortè ipſorum ordines multiplicantur; quia in ipſorum ſummitate, ut in Rapis obſervatur, quaſi nodus implicatur, ubi fibræ & tracheæ in folia derivantur: quare ſuccus non ità facilè aſcendit; ſed gravitando, in appenſos utriculos exoneratur, qui curvatis propriis fibris, quibus appenduntur; corpus in latum extendunt, & globoſum reddunt Radicis truncum. Erit igitur Radix in pleriſque plantis truncus pro gemmarum vegetatione; in omnibus autem, ut alimentitius ſuccus ſubingrediatur, cuſtodiatur & concoquatur.

Rudi igitur, prout licuit, indagine præcipuas partes, quibus plantæ integrantur, ſcrutati ſumus; & attentâ analogiâ, quæ in animalium, & vegetantium organis elucescit, actiones, & uſus particularum curſim indicavimus. Patuit itaque arbores, & quaſdam herbas, animalium inſtar, exteriori amictu, & cortice circumdari, & cuſtodiri; ità ut ab externis aeris, & ventorum injuriis arceantur. Cortex hic in caudicibus, & ramis præcipuè, geminâ integratur membranâ: exteriori ſcilicet, & interiori ligno contiguâ: Exterior rarior eſt, & quaſi lignum fiſtulis rectis, ſeu fibris, vaſculis lactiferis, & reſinoſis componitur; intercepta verò ſpatia, utriculorum ſeriebus horizontaliter locatis replentur: unde ex vario contextu, & ſuperequitatione elegantes implicationes contingunt. Succedit altera profundior corticis portio, ſeu liber, qui veluti fœtus eſt, cujus partes omnes adhuc tenellæ, & rudes ſimul congeſtæ, molem efformant exteriori cortice cuſtoditam: harum aliquæ proximiores ligno, ſenſim eidem agglutinatæ, quolibet anno productis, & multiplicatis horizontalibus ordinibus extenduntur; & ſucco ligneo protuſæ ferruminantur. In hoc interea arboreo fœtu pulmones, ſeu tracheæ, adhuc inconſpicuæ ſunt, nec ſuo funguntur munere, ut in animalibus intra uterum concluſis, accidit; & ſolâ converſione corticis in ligneam naturam manifeſtantur, & patent. Firmatur caulium & caudicum moles lignea compage, quæ in arboribus in tot circulos, vel involucra, juxta annorum numerum ſeſe invicem amplexantia dividitur: in herbaceis verò, vel ſub cortice in faſciculos diviſum lignum circumlocatur, vel diſcriminatis in locis per medullam diſper-

dispergitur. Arctior est partium compages in ligno, ac in cortice præcipuè exteriori. Eadem sunt vasa, fistulæ scilicet ligneæ, lactiferum, seu peculiare vas & tracheæ, quarum structuram indicavimus. Interdum dubitavi an vesiculæ, quæ copiosæ observantur, quasi congesti pulmones, intra tracheas præcipuè Castaneæ, & Quercûs, sint insectorum ova ibidem relicta; ut in lignis aridis interdum observavi. Quoniam tamen in sectis ramis sex annorum, in trunco, & radice ingentis Quercûs illicò recisis observavi exaratas vesiculas; ideo loco pulmonum extare arbitror. Plantarum tracheæ spirali zonâ conflantur, ut curvari possint absque fractura: ventorum enim impetu, propriόque pondere ita agitantur; ut varios sortiantur situs, atque obliquitates. Alimentitius itaque humor in radicibus percolatus, fistulas ligneas ingressus, orbiculos hiantes invicem subit, ambientis aeris pondere sursum propulsus; minima enim guttula probabiliter, urgente non solùm aere externo, sed etiam concluso intra tracheas, sursum pellitur; & ex plano inclinato orbiculorum facilè suspenditur, donec adveniente novo motu, & compressione in superiorem orbiculum protrudatur, vel in horizontales utriculorum ordines derivetur. In animalium venis quid simile miramur: non enim unus rectúsque tubulus tantùm observatur; sed à lateribus insignium ramorum horizontales surculi producuntur reticulariter inosculati; ita ut cum oppositis, longéque distantibus ramis communio horizontalis succedat; & ità musculorum, & cutis compressione sanguinis motus per carnes adjutus, sensim reticulares productiones parùm ab horizontali obliquatas, subit, & pedetentim in ramum exoneratur; ità ut faciliùs sursum propellatur. Reticularem hanc utriculorum transversalium productionem exhibent pariter gallæ, pericarpium, & foliorum compages, quæ sunt ligneæ expansiones: unde fortasse in horizontalibus ligni ordinibus probabiliter aderunt. Et sicut in pennatorum ovis colliquamentum, seu volatile quoddam relictum in umbilicali *Harvei* limbo affluens, sensim ab albumine alimentum incubatu in sanguinis naturam immutat; & completâ generatione, adhuc alimenti, & auctivi succi productio vi præexistentis humoris in vasis perpetuatur; ità in plantarum incubatis ovis cotyledonum utriculis congestus succus, adveniens alimentum in sui naturam exaltat; & in adultis plantis relictus, intra transversales utriculos ligni, corticis, medullæ, & foliorum, fermentationis ope, in novam alimoniam evehit. Taliter concoctus hujusmodi succus ab exaratis utriculis in peculiare vas, reticulariter productum exprimitur; ità ut singulis particulis affundi possit. Interpositæ tracheæ succi concoctioni conferunt, compressione factâ ab incluso, contentóque aere; ut in sanguineorum animalium pulmonibus aliàs indicavimus. Ejusdem quoque propagationem, & motum excitant, dum interpolato noctis frigore, & diei calore rarefactus, & condensatus intra ipsas aer, contiguas, & interceptas urget modóque laxat fistulas; & ità contentus succus exprimitur. Separantur quoque probabiliter ex concluso aere particulæ, quibus perpetuatur fermentatio, & motus, à quo vitæ radix: in insectis enim tracheæ, non tantùm viscera, & carnes, vasorum instar, irrigant, & excurrunt, sed veluti promptuaria aeris intra partes conduntur: ità

in

in Cervo volante intra offea integumenta, quibus molliores alæ cooperiuntur, & teguntur; ingens & elegans trachearum acervus locatur; quæ poſtquam in pulmonares veſicas laxatæ ſunt, tandem in minimas vaſorum ſoboles, quaſi radiculas dividuntur.

Quænam ſit alimenti ſemita, & an ab extremis plantarum apicibus refluat ſuccus ad imas partes; & juxta indigentiam in omnem peripheriam ſurſum, & deorſum protrudatur, dubium eſt. Radices ab extremis ramorum apicibus erumpentes, contento ſucco inverſum iter, novúmque motum præſcribunt: nullæ enim interſeruntur valvulæ, determinatum inducentes motum. Aliquid tamen lucis præbent ea, quæ in diverſis arboribus tentavi: In variis itaque ſurculis, & ramis, horizontalem ſectionem in cortice feci, ablatâ ejuſdem, & libri annulari portione; itá ut ſubjectum lignum denudatum pateret. In Opii ramis, Prunorum, mali Cydoniæ, Quercûs, Salicis, Populi, Avellanæ, *&c.* excitatâ hujuſmodi circulari ſectione pars ſuperior ſurculi, ſeu caudicis ſupra ſectionem brevi vegetans itá excreſcit, ut longè turgida reddatur: cortex enim, in Quercu præcipuè, in Prunis, & Cydonia malo horizontales utriculorum ordines itá elongat, ut frequenter appendices promantur, quibus denudata ligni portio cooperitur: & factâ denuo mutuâ anaſtomoſi cum inferiori ſecti corticis labio continuus redditur cortex: rami quoque portio ultra ſectionem ligneo ſuperexcreſcente circulo, & involucro impenſe craſſa protuberat: Denudata verò lignea portio gracilis adhuc ſubſiſtit nullo vigente incremento; quod reliquo quoque ſurculi infra ſectionem contingit. Idem mihi ſæpiùs accidit, factâ ſpirali ſectione in Pomis & Prunis. Hoc unum peculiare obſervavi in hujuſmodi inferiori parte, non longè ſcilicet à ſectione, quod interdum plures gemmæ æſtate præcipuè erumpunt indiſcriminatim, quæ in novum ſurculum attolluntur. Ex adauctâ igitur mole in ſurculo ultra ſectionem dubitare fas eſt nutritium ſuccum à ſuperioribus partibus inferiora verſùs refluere: ſecta namque corticis, & libri vaſa, ulteriorem alimenti progreſſum inferiora verſùs perpetuare nequeuntia; in corticis, & ligni novum involucrum erogant. Portio quoque ſucci, qui per corticis præcipuè vaſa defertur, & in tranſverſalibus utriculorum ſeriebus infra ſectionem excoquitur; factâ eruptione à libro, & cortice in gemmas erumpit, & tandem in ramulos neglectâ corticis auctione, & novâ lignei involucri extenſione. Ex his quoque patet non omnem alimoniam, nutritiúmque ſuccum per libri, & corticis vaſa à Radicibus in truncum, & ramos extremos propagari.

Quandoque dubitavi, an expoſitus tumor, ultra circularem ſectionem in ſuperioribus ramorum partibus excitatus, ab impetu ſucci ſurſum propulſi contingeret: ſecto namque cortice, per ſolas ligneas fiſtulas aſcendens alimentum, quaſi ab anguſto, & arcto loco, laxiorem corticis campum ultra ſectionem inveniens, ad extrà dilatari poſſet: unde hærendo, nutritionem in proximis partibus promovere valerent. Quoniam tamen in novellis, præcipuè Quercûs, factâ corticis laceratione, ſi exigua rami portio ultra ſectionem circularem ſuperſit, amputata ſcilicet rami extremitate, nullus ferè tumor ſub-

T crefcit;

crescit; & in arboribus, in quibus excitatâ pariter horizontali corticis sectione; ità tamen, ut portio ejusdem corticis minimi unguis latitudinem æquans, adhuc integra supersit, & corticis continuatio manuteneatur; certum est nutritionis augmentum subsequi in relicta corticis parte, & in superiori portione: quare ex his probabiliùs conjeci, nutritii succi motum à superioribus etiam ad inferiora promoveri.

Singulis mensibus sectiones horizontales in variis arboribus tentavi; ut inde certior fierem, an nutritio, & auctio quocumque tempore contingat. Mense Maii in ramo Opii trium annorum, in malo Cydonia, in Prunis, in Quercu, & in Ulmo, factâ sectione, brevi intumuit pars superior. Idem accidit, & fortiùs Junii, & Julii mensibus: Augusti autem mense plures rami, præcipuè Ulmi, Opii & Populi, in quibus Vere sectio facta fuerat, contabuerunt: Prunorum verò, & Cydoniorum surculi aliqui, eodem mense secti, brevì monstruosam in superiori parte auctionem exhibuerunt: Septembris quoque mense plures arbores ità sectæ, extinctæ sunt: & superstites, non multùm excreverunt in superiori tantùm parte; inferiori penitus gracilescente. Idem quoque Octobris mense contigit, summâ vigente soli ariditate: parvus enim in Oxyacantha excitatus est tumor ultra sectionem: in Prunis major, qui tamen primævum veris augmentum non æquabat. Mensibus quoque Novembris atque Decembris nullum augmentum successit, nec supra nec infra sectionem; licèt facta fuerit in diversis arboribus, & præcipuè in Lauro. Januarii pariter, & Februarii mensibus, nulla innotuit mutatio, sed pars lignea (denudata cortice) vi frigoris rigida reddita nullum augmentum sortita est. Circa finem Martii, turgente terrâ, pars superior sectarum arborum parùm intumuit, & gemmæ eruperunt. Eodem pariter tempore trunci, & rami quamplurimi, in quibus Autumno, vel æstate horizontalis corticis sectio facta fuerat, ultra sectionem emarcuerunt; & inferiùs gemmæ laxatæ vegetârunt. Hoc accidit annotinis præcipuè ramis, & caudicibus tenellis Quercûs, Pomorum, Rosarum, Prunorum, Oxyacanthæ, mali Cydoniæ, *&c.* caudices autem insignes, & rami plurium annorum Opii, Oxyacanthæ, Pomorum, & similium (superatâ frigoris activitate) parùm turgendo, in superiori parte, & gemmas, & flores emisêre. Aprilis tandem mense, in Ulmis & Prunis, & in quibus celer contingit vegetatio; pars ultra sectionem sensibiliter excrevit; in Quercu verò, & aliis, quarum gemmæ seriùs aperiuntur; minimum apparuit in superiori parte augmentum.

Caudices, & caules exaratis partibus compaginati, turgente alimoniâ, in transversalibus utriculis custodita, sui extensionem & propagationem tentant, quolibet anno gemmas promentes; quæ sunt antiqui rami, vel caulis appendices, seu manifestæ emanationes partium; quæ aliàs in tenella planta sigillationem, & rudem delineationem habebant, ut in insectis succedit. Rami igitur, seu futuri caules, per plures menses compendiaria quadam sub specie erumpunt, in arboribus ab annotino surculo; & luxuriante alimoniâ, ab antiquiori ramo, & trunco ipso: in herbis verò, & bulbosis, à condita mollique radice, vel bulbo exeruntur. In his delineatæ custodiuntur futuri rami partes: ut

ut patet in Quercu, & Fraxino; lignea scilicet portio internodiis signata, in qua futurorum foliorum inchoamenta occurrunt: laterales quoque surculi sub gemmularum specie leviter eminent; totaque tenella, & minima moles, caducis foliolis squammatim dispositis custodita, diu durat; calorísque, & frigoris vim sustinet; donec utplurimùm in Vere, turgente succo, laxetur; & ulteriori vegetatione, elongatis internodiis, emergentibus foliis in ramum manifestetur. Gemmæ, tenellique surculi, pilis condecorantur; à quibus frequenter in plerisque vegetantibus terebinthina funditur. Quid simile in animalibus, & præcipuè in homine, circa nares Naturà glandulas in cute locavit. Hæ vase excretorio satis amplo donantur; quod subdividitur in plures, disparatósque ductus, qui in rotundos folliculos desinunt. A centro excretorii vasis pilus erumpit, & circumcirca luxuriat lentus humor, butyri instar, à miliaribus glandulis recollectus, qui per exaratum pilum foras extillat, & contiguas faciei regiones contra aeris injurias illinit.

Taliter vegetant rami, & surculi; ità ut novo manifestato ovario, vel utero sub specie florum; ova, seu semina edantur. Florum partes, folia scilicet, tenello utero, custodiæ gratià, adstant, & unà cum staminibus, præparatum jam pro ovis, & in uterum erupturum succum depurant: & ubi ferax est staminum eruptio, ut in Lapatio, Cataputia majore, & in Castaneis, aberrans quasi Natura parvos uteros, & ova excitat. Interdum, luxuriante alimonià, loco uteri, & ovorum, surculus à centro floris assurgit, pluribus foliolis ditatus. Plantarum ova intra ovarium, vel tubas gignuntur, non dispari ritu, ac in animalibus perfectis succedit; percolatis ab ambientibus membranis corii, & amnii humoribus, qui ab excitata, & completa plantulà absumuntur: hæc radice, trunco, & foliis integrata, utplurimùm placentulis geminis prædita est, quæ alimentum incubatione subministratum alterant, & plantulæ reddunt. Variis integumentis munitur ovarium; inter quæ fructuum pericarpium enumeratur, quod nil aliud est, quàm congeries transversalium utriculorum à propagatis fasciculis fibrarum, hinc indè erumpentium: unde est quasi molle, laxumque lignum. Interdùm uteri tegumenta petrifico succo ossea redduntur, vel lignescunt. Perfecta & absoluta hæc plantarum ova, stato tempore incubata, fœtum reddunt: non dispari ritu, ac in ovis intra uterum conclusis: à fovente enim terra, velut ab utero, extillat ichor; qui cotyledonibus receptus, præexistentis volatilis succi jam concreti fermentationem, & fluiditatem excitat: unde plantulæ redditus, omnium ejusdem partium manifestationem, & auctionem promovet, quæ variè succedit, prout à solo diversus subministratur humor, mineralibus, & fossilibus turgidus. Oleum autem seminibus affusum, interdum vegetationem tollit; utplurimùm autem in longiùs protrahit.

An omnis vegetatio, & generatio solis ovis peragatur; vel saltem Radicum, & ramorum plantatis frustulis: an verò terra ipsa nullo fœcundata semine, familiares regionibus plantas promat; apud quosdam dubitatur. Pro horum investigatione, terram è profundo erutam vitreo vase conclusi, cujus orificio multiplex sericum velum superextendi; ut aer, & affusa aqua admitteretur, exclusis minimis seminibus,

quæ

quæ vento rapiuntur: in hac itaque nulla omnino planta vegetavit.

Plantæ non solùm pro animalium usibus passim succiduntur, & mactantur; sed adhuc vegetantes, ad fovendos, enutriendósque insectorum præcipuè fœtus damnantur: unde, facto aditu ex inflicto vulnere, intra tenella plantarum viscera conduntur ova; quæ sui præsentiâ, adeò vitiant humorum motum, & structuram; ut morbosi indè excitentur tumores: & turbatâ partium directione, atrophia succedat: vel loco surculorum monstruosæ suboriantur appendices; quales sunt diversa gallarum genera. Humor etenim, qui ex Naturæ legibus compagem gemmæ laxare debebat; elongando internodia, ex laceratis vasculis, & ex fermento turgidior, & effrænis redditus; in transversales appendices exoneratur, & insumitur: unde fibrosi fasciculi, qui paralleli in longum extendi debebant, pro rami productione; illico ex vulnere, & condito ovo ad latera curvantur; & sensim rectitudinem affectantes semicirculum efformant: unde unitim sphæricum gallæ corpus excitant. Interdum non tota vitiatur compages, motúsque humoris invertitur; sed progrediente vegetatione, monstruosus quidem excitatur tumor; à quo tamen naturalium partium inchoamenta erumpunt.

Tota plantarum moles, quæ caule, vel caudice assurgit, radicibus, tubere, vel bulbo terrâ conditis, firmatur. In bulbis, & herbaceis, solet frequenter Natura caulem attollere, & simul non longè novas emittere Radices; quasi ac vis illa vegetandi per gemmam sursum erumpat; partim verò deorsum sese exerat; & ferè semper ab horizontali linea declinant Radices: idem accidit in plantulis, in ovis vegetantibus. Probabile namque est, vi aeris inclusi intra tracheas, gemmas sursum erigi, & in caulem attolli: reliquum autem impetûs infrà exerceri intra radiculas; ità ut nec attollantur, nec perpetuò perpendiculariter deprimantur; sed mediâ viâ non parùm obstante vi subjecti soli producantur.

Exigua hæc à tam vasto Naturæ penu selecta, dum, Amice Lector, disquiris, ex *Sophoclis* præcepto, aliena discam; & reliqua à Superis optanda precibus obtinere contendam.

F I N I S.

Über die Wurzeln der Pflanzen

„Da das Geschlecht der Bäume und Kräuter die gehörige Vergrößerung und Ernährung seiner Teile erfordert, sich aber nicht von der Stelle bewegen kann, so streckt es einen erheblichen Teil seines Körpers zur Aufnahme der Nahrung wie ebenso viele Hände aus, die in dem Boden nach Nahrung suchen und die Festigkeit der Pflanze bedingen, und diese werden Wurzeln genannt. Was die Wurzel bei jeder Pflanze ist, das weiß man, nämlich im allgemeinen die Fortsetzung des Stengels oder Stammes in den Boden und zwar so, daß der Holzteil des Stammes, von der Rinde umgeben, sich häufig gewissermaßen in größere Äste teilt, die wiederum kleinere Zweige treiben und schließlich in die Faserwurzeln und Haarwurzeln endigen und sich auflösen. Bei einigen Kräutern aber pflegt die Natur die Stoffe, welche gewöhnlich im Stengel oder Stamm aufbewahrt werden, in der verschiedenartig angeschwollenen Wurzel kunstvoll abzulagern und von da neue Sprosse auszusenden und zu ernähren: von allem diesem will ich eine genaue Untersuchung geben, soweit ich mit meinen schwachen Kräften im Stande bin. Indessen wollen wir des leichteren Verständnisses wegen zunächst die Wurzeln der Bäume betrachten."

MALPIGHI unterscheidet hier zunächst Pflanzen mit Pfahlwurzel und solche mit einem gleichmäßig verästelten Wurzelgeflecht, das mehr oberflächlich ausgebreitet ist. Er beschreibt darauf den Querschnitt eines einjährigen Wurzelastes von *Morus* (Taf. XXIX, 110): Holz und Rinde sind wie beim Stamm zusammengesetzt, doch sind, wie bei allen Wurzeln, die Gefäße des Holzes weiter als die im Stamm und in den Zweigen; an Stelle des Markes ist eine Gefäßgruppe vorhanden; der nach Norden gewendete Holzteil ist dicker als der nach Süden gewendete. Wie sich die Wurzel in die feinsten Verästelungen verzweigt, zeigt ein Teil einer Wurzel der Schwarzpappel (*Populus nigra*) (Taf. XXIX, 111).

Bei der Ulme (Taf. XXIX, 112) und anderen Bäumen findet MALPIGHI an den letzten Wurzelästen Anhänge, welche bisweilen traubenförmig ansitzen und die Knospen der zukünftigen Wurzeln zu sein scheinen (Taf. XXIX, 112)

Mit diesen » Wurzelknospen « vergleicht er die angeschwollenen Enden der Triebe bei Rubus (Taf. XXIX, 113), welche sich auf den Boden legen und sich bewurzeln. Ferner beschreibt er das Hervorbrechen von Wurzeln aus abgeschnittenen W e i d e n z w e i g e n und bildet einen Längsschnitt (Taf. XXX, 114) durch die Stelle ab, wo drei Wurzeln die Rinde durchbrechen.

In ähnlicher Weise entstehen die Beiwurzeln an den Knoten der Grashalme, wenn sie am Boden liegen (Taf. XXIX, 115), ferner an den Ausläufern von *Potentilla reptans, Fragaria, Ranunculus repens* (Taf. XXX, 116).

Die Entstehung von Stammknospen an Wurzeln soll weiter unten besprochen werden, hier wird nur diese Erscheinung an *Convolvulus* kurz beschrieben und abgebildet (Taf. XXX, 117),

Es beginnt nun die Beschreibung der verschiedenen Formen der Wurzeln. Von Kräutern wird zunächst behandelt *Borago* (Taf. XXX, 118) und *Cichorium* (Taf. XXX, 119); es wird die Struktur des Wurzelkopfes, die bei beiden ähnlich ist, nach dem Längsschnittbild beschrieben. Während bei diesen die Wurzel senkrecht steht, liegt bei Symphytum *officinale* (Taf. XXX, 120) der obere Teil horizontal.

Taf. XXXI, 121 zeigt das Rhizom des Rohres (Arundo) mit dem abgeschnittenen Stengel, Knospen und Wurzeln; MALPIGHI beschreibt auch die anatomische Struktur und den Gefäßbündelverlauf beim Übergang in die Wurzeln.

Bei *Filipendula* (Taf. XXXII, 122) sind die Wurzeln stellenweise knollenförmig angeschwollen.

Bei *Asparagus tenuifolius* hängen an einem kurzen Wurzelstock einige keulenförmig angeschwollene Wurzeln mit wenigen Ästen und nur mit kleinen Fasern besetzt (Taf. XXXII, 123).

Ähnliche, aber kleinere Wurzeln finden sich bei *Ranunculus ficaria*, die Wurzelknöllchen in den Blattachseln werden hier auch als Wurzeln bezeichnet (124 auf Taf. XXXII und XXXIII).

Beim Gartenranunkel (*Ranunculus asiaticus* L.) findet sich ein Büschel keulenförmig verdickter Wurzeln (Taf. XXXIII, 125).

Bei *Orchis latifolia* (Taf. XXXIII, 126) gehen vom Grunde des Stengels mehrere cylindrische Wurzeln aus, darunter befindet sich der ältere Wurzelknollen, der oben den Stengel trägt, und der junge Knollen; beide sind unten in je zwei Wurzeln gespalten.

Bei *Anemone* spec. findet sich eine dicke breite, gelappte Wurzel mit Seitenwurzeln (Taf. XXXIII, 127).

Helianthus tuberosus hat eine stellenweise knollenförmig angeschwollene Wurzel mit verschiedenen Knospen und dünnen Seitenwurzeln: sie wird ausführlicher beschrieben und ihre Abbildung nimmt die ganze Tafel XXXIV ein.

Bei *Doronicum pardalianches* bildet die Wurzel ebenfalls Knollen aus denen die Stengel hervorkommen (Taf. XXXV, 129).

„Die ungeheure Gruppe der Zwiebeln, mit denen verschiedene Pflanzen versehen sind, besitzt folgende übereinstimmende Struktur ihren untersten Teil nimmt ein solider Körper ein, der die Stelle des Stammes vertritt und sich zu Blättern und Stengel erhebt, an zahlreichen Stellen aber blattartige Anhänge trägt. (50 Taf. XXXV, 130, 132.) So finden wir es zunächst bei *Lilium candidum* (130). Im Herbst sitzen an dem unteren Teile der Zwiebel A meistens Blätter oder zerschlitzte gelbliche Anhänge, welche nach dem Verbrauch ih-

res Saftes zusammenfallen. Darauf folgen noch einige Reihen von Blättern B, die außen gewölbt, innen aber etwas hohl sind: sodaß sie aneinander schließend die Zwiebel bilden. Ihren Ursprung nehmen sie von den Wurzelstock C, von dessen Basis die gelblichen Wurzeln D ausgehen, welche außerdem die mit weißen Haaren besetzten Nebenwurzeln E bilden. Von dem zylindrischen Strunk C entspringen die Blätter in verschiedenen Ebenen, und zwischen diesen werden auch neue Wurzeln F sichtbar; an der Spitze bilden die Blätter G eine Knospe, den Stengel H umgebend, der in der von mehreren Blättern gebildeten Endknospe die Blüte I birgt, hier sind besonders die Staubgefäße zu erkennen. Die erwähnten Blätter bestehen aus saftstrotzenden Zellen und Holzfasern mit Gefäßen dazwischen."

Ähnlich verhält sich die Zwiebel von *Muscari comosum* (132), welche in äußerer Ansicht (A, B, C) und im Längsschnitt (B, I) abgebildet wird. D stellt die Endknospe, E die Anlage der Blütenähre, F, G, H eine junge Blüte dar.

Genauer beschrieben wird die Struktur der Gartenzwiebel (*Allium Cepa*, Taf. XXXVI, 133), bei welcher auch der Verlauf der Gefäßbündel in den Blättern geschildert wird, und der Zwiebel von *Allium sativum* (Taf. XXXVI und XXXVII, 134).

Von *Hyacinthoides non scripta* wird eine auffallend langgestreckte Zwiebel beschrieben, in der sich zahlreiche Knospen an den Blättern gebildet haben (Taf. XXXVII, 135), und von *Scilla* wird erwähnt, daß die Teile der in Stücke geschnittenen Blätter noch Knospen bilden können.

Von den Zwiebeln werden die Knollen (tubera) dadurch unterschieden, daß diese im Innern solide sind. Beispiele liefern *Gladiolus* (Taf. XXXVII, 136), *Arum* (*A. italicum*, Taf. XXXVIII, 137) und *Orobanche* (Taf. XXXVIII, 138).

Genauer beschrieben wird die innere Struktur und besonders der Gefäßbündelverlauf bei der Rübe und dem Rettich (*Brassica Rapa* und *Raphanus sativus*, Taf. XXXVIII, 139— XXXIX, 142).

Nach einigen Worten über die Lebensweise der verschiedenen Tiere faßt MALPIGHI seine Ansichten über die Wurzeln der Pflanzen folgendermaßen zusammen:

„Das Geschlecht der Pflanzen also, der Bewegung beraubt, ist so fest in dem ihm vertrauten und befreundeten Boden befestigt, daß es aus der ihm nächsten und es umgebenden Sphäre die Elemente seines Lebens und seines Wachstums schöpft: jedoch in der Weise, daß es mehrerer Mundstellen bedarf: daher ist es fast immer in die Erde gesenkt, mit dem Stamm oder Stengel aber steigt es in die Höhe und wohnt in der Luft oder im Wasser: deshalb scheint es ein richtiger Schluß zu sein, daß die Wurzeln den Pflanzen verliehen sind, damit ein beträchtlicher, in der Erde verborgener Teil von ihnen sich

Nahrung erwirbt und bei einigen dieselbe langsam zubereitet und für die Knospenbildung aufspeichert. Dies finden wir besonders bei einigen Pflanzen, die einen großen in der Erde verborgenen knolligen Stamm besitzen, von dessen Seiten und Spitze sich die kleinen Wurzeln ausdehnen. In der Mitte des Strunkes und der anhängenden Wurzeln befinden sich mehrere Reihen von Zellen, die den, von den Seitenwurzeln [die früher Wurzelfasern genannt wurden] zugeführten Saft bergen und bewahren und ihn gegen die salzigen Bestandteile der umgebenden Luft oder die verschiedenen Unbilden der Hitze und Kälte schützen, und so verwandelt sich bei fruchtbarer Erde der lange aufbewahrte Saft in Blätter, Stengel oder Fruchtknoten. Noch deutlicher ist dieser Vorgang zu sehen an Zwiebeln oder Knollen, bei denen bisweilen ein kurzer, dicker Körper zarte senkrecht verlaufende Fasern, weite Gefäße und horizontale Zellreihen vereinigt, und von der Seite und gewissermaßen vom Rücken Knospen entsendet, die zum Stengel werden und weiter wachsen. Nach demselben Gesetz hat die Natur die Küchenzwiebel und andere Zwiebeln gebildet, sozusagen als unterirdische und in Lappen aufgelöste Stammgebilde, in deren Mitte zwar häufig ein aufrechter Stengel fehlt, ein Knoten aber immer vorhanden ist, d. h. ein Geflecht von Fasern, Tracheen und Zellen, von dem bald dicke Hüllblätter, bald Anhängsel ausgehen, und dem die ebenfalls daraus entspringenden Wurzeln Nahrung zuführen. Diese Vermutung wird bestätigt durch die aus den Zwiebeln entspringenden Knospen, die an dem besagten Strunke sitzen, von den Hüllblättern beschützt und sozusagen in den Blattachseln verborgen, und die von da aus sich weiterbilden und wachsen. Und so schwellen die Zwiebelblätter, wenn die Vegetationszeit kommt, von dem in ihnen enthaltenen Safte an und derselbe wird durch die eigenen Gefäße nach der Basis der Knospe geleitet und reichlich verbraucht: wie es bei den meisten Zwiebeln und besonders bei der Gartenzwiebel vorkommt, wenn sie, an der Luft aufgehängt und ohne Zufuhr äußerer Flüssigkeit, austreibt. Ja auch bei der Tulpe, dem *Gladiolus* und ähnlichen, sitzen die meisten Sprosse, wie wir gesehen haben, mit einem besonderen Stiel dem Strunke an und werden frei, wenn jener vertrocknet, sodaß sie gewissermaßen wie anhängende Knospen aussehen. Diese Knospen nun bilden neue Wurzeln und selbständig geworden sorgen sie für ihr eigenes Wachstum. Es wird - also in den Knollen und den dicken Zwiebelblättern der Nahrungssaft aufgespeichert, der von den Wurzeln zugeleitet und in besonderen Zellen gesammelt wird und, wenn der Frühling kommt, zu dem neuen Stengel, zu Büten und Samen fast ganz verbraucht wird: beim weiteren Wachstum aber wird wiederum neuer Saft in der jungen, allmählich heranwachsenden Zwiebel angehäuft, der im Sommer und Herbst zwar nicht vermehrt, aber in dieser langen Zeit umgesetzt und ausgereift wird. Wenn daher vom Boden neuer Saft geboten wird, oder wenn er von selbst zu dem Stamm der neuen Knospe fließt, so bewirkt er ein erneutes Wachstum, auf demselben Wege, wie es bei dem

Stamm und Stengel, der sich über der Erde vergrößert, geschieht: in diesen nämlich leiten wahrscheinlich die Blätter und die Rinde den ausgegorenen Saft in den Sproß, dem sie angehören, zurück, sodaß er nach seiner Fermentation in den horizontalen Zellen schließlich bereit ist für das Austreiben der Achselknospen, zugleich mit dem anderen Saft, der in den größeren Ästen und im Stengel selbst aufgespeichert ist.

Auch sind im Wachstum Wurzel, Knollen und Zwiebel nicht verschieden von dem in der Luft sich streckenden Stengel. Denn wie die zarten einjährigen Triebe und bisweilen bei reichlicher Ernährung, auch die älteren Äste und der Stamm selbst, im Frühling neue Knospen treiben, die zu Sprossen oder Blüten werden, so werden an den Wurzeln der Bäume und zwar an den jungen Faserwurzeln die früher beschriebenen Wurzelanlagen und aus diesen die Seitenwurzeln gebildet, und an den Zwiebeln schaffen die später hervorbrechenden Wurzeln, wenn die alten vertrocknet sind, den Nahrungssaft herbei. Bei den meisten krautigen Pflanzen bilden sich mit den am Grunde entstehenden Knospen auch neue Wurzeln, während die alten allmählich vertrocknen. Dazu kommt, daß wie einige Stämme von Bäumen und andere Äste, nachdem sie abgeschnitten sind, oft neue Knospen treiben, die zu Sprossen auswachsen und eigene Wurzeln bilden, ebendasselbe auch an Stücken von Knollen und Zwiebeln der Fall ist; denn die durch den Körper der Knolle verlaufenden Faserbündel schwellen durch den Saft, der ihnen reichlich von den benachbarten Zellen zugeführt wird, an und verwandeln sich in eine Knospe und darauf in einen Stengel und bilden Seitenwurzeln.

Auf welche Weise aber die Nahrung in die Wurzeln eindringt, ist mir noch nicht gelungen zu beobachten. Wahrscheinlich ist aber Folgendes anzunehmen: die Teilchen des Wassers nehmen die gelösten Salze und die übrigen in der Erde verteilten Mineralstoffe in sich auf und verflüssigen sie und dieses Gemisch fließt zu den Würzelchen der Pflanzen wie auf ein Sieb, und wird in die Röhren des Holzes gepreßt. Der Boden nämlich besteht größtenteils aus durchsichtigen Theilchen, Salzpartikelchen und Metallstückchen, und so wird das Regenwasser, das die gelösten Mineralteile enthält, durch sein eigenes Gewicht und die Expansionskraft der Luft wie durch Fließpapier hindurchgetrieben und dringt in die im Wege liegenden Röhren der Pflanzen, aus denen es in die Zellenreihen gelangt. Im Bauch der Tiere werden die verschiedenartigen Speisen, die eine gewisse Festigkeit besitzen, vermittelst der Reinigung zu einem Brei verarbeitet, denn indem eine Gärung eintritt, durch welche die kleinsten Teilchen innig vermischt und die ungemischten Bestandteile ausgeschieden werden, ergibt sich aus den zahllosen gemischten Substanzen eine solche Zusammensetzung der Teile, daß nur vermittelst der offenen Gefäße oder wenigstens der Milchdrüsen, eine Vergärung des Chylus und sein Eintritt in die Milchgefäße bewirkt wird. So erleiden auch in der

Erde (welche bei den Pflanzen die Stelle des Bauches vertritt) die verschiedenen Salze und im Wasser gelösten Mineralstoffe, von der Luft getrieben, unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen eine Fermentation und erfahren verschiedene Mischungen und Ausscheidungen, während sie durch die durchsichtigen und festen Teilchen der Erde geleitet werden, so daß zwar vieles durch oberflächliche Berührung an diesen hängen bleibt, das übrige aber den Gefäßen der zahlreichen Wurzeln zu Gute kommt und in sie hineingepreßt wird.

Welches aber die Türen oder die offenen Mündungen sind, die das Sieb für den zufließenden Saft bilden, ist noch zweifelhaft. An den zarten Wurzeln sind eine Menge von Haaren vorhanden auf allen Seiten: die Haare aber sind farblose sehr zarte Röhrchen, die aus sehr kleinen in einander mündenden Bläschen bestehen, und so lassen die von ihren Mündungen gebildeten Löcher einen entsprechenden Teil der aus der Umgebung ausgepreßten Flüssigkeit ein und bieten ihn den Holzgefäßen dar. Überall ist ein gewisser Zwischenraum zwischen den Wurzeln und der umgebenden Erde, die Haare werden auf diese Weise zu einem Netz und entwickeln sich reichlich zwischen den Erdpartikelchen, an denen sie fest haften bleiben. Da aber nicht alle Arten von Knollen und Wurzeln mit deutlichen Haaren versehen sind, so entsteht ein Zweifel, ob bei derartigen Knollengewächsen der eintretende Saft durch die äußere Haut durchgeseit wird, sodaß er von dieser in die anstossenden Zellen, aus denen die Hüllschuppen der Zwiebeln bestehen, eintritt. Bei den Rüben und ähnlichen sind zwei Teile vorhanden, durch welche die Nahrung von außen zugelassen werden kann: nämlich die geraden und weichen Fasern, die sich mit den horizontalen Zellenreihen kreuzen und nicht auf einen Punkt oder Knoten der Wurzel zusammenlaufen, sondern gewissermaßen senkrecht verlaufend in der Rinde undeutlich auf mir noch unbekannte Weise endigen, sodann die Querreihen der Zellen, die in der äußeren Region der Rinde endigen und in welche alle wahrscheinlich der Saft eintreten kann. Denn, wenn die Nahrung durch die offenen Enden der Röhren getrieben wird, wird sie von hier den Querreihen zugeleitet, wie es bei den dünnsten, als Fasern bezeichneten Wurzeln wahrscheinlich der Fall ist, bei denen die Röhren bis ans Ende verlaufen, aber kaum Zellenreihen vorhanden sind. Wenn aber die Natur dieses Geschäft den Zellen übertragen hat, die in mehreren Schichten bei den Knollen und Wurzeln der Bäume die äußere Lage bilden. so wird der äußere Saft allmählich in die Zellen eindringen und von da in die ausgrenzenden Röhren geleitet werden, was alles noch sichtbarlich nachzuweisen bleibt.

Nicht selten hängen an den Wurzeln der L e g u m i n o s e n winzige runde Safttröpfchen, besonders wenn sie nicht dicht mit dem Erdreich verbunden sind, sondern der Boden locker ist. Bei einem in den Boden gepflanzten Zweig

der Rebe, Weide oder Pappel dringt der Nahrungssaft nicht nur in die angeschnittenen und geöffneten Fasern des Holzes, sondern vermutlich auch in die Rinde ein, wie wir gelegentlich an eingepflanzten Zweigen mehrerer Bäume, an sogenannten Stecklingen, beobachten, wobei die mit den elterlichen Pflanzen noch in Verbindung stehenden Zweige durch darübergespannte Bogen auf die Erde gedrückt werden, dann öffnet der aus der angehäuften Erde neu zufließende Saft die Poren der Rinde und teils verbreitet er sich in die aufsteigenden Röhren, teils dringt er in die Querreihen der Zellen; deshalb macht man häufig Einschnitte, damit er leichter eindringe, und damit der Saft recht reichlich zufließe und sich schneller neue Wurzeln bilden, wird die Rinde horizontal eingeschnitten und ein ziemlich breiter Rindenring entfernt, sodaß das Holz freiliegt. Es entspringen aber die Wurzeln über dem Einschnitt neben dem Knoten oder an der Knospe, und so verwandelt sich ein einjähriger Zweig in eine neue Pflanze. Die Wurzeln brechen aber, wie wir an einem Weidensteckling beobachtet haben, deswegen hervor, weil der Saft von außen in die Lagen der Zellenreihen eindringt und hier vergärend diese Reihen anschwellen läßt: dadurch werden die geraden Röhren stark zusammengedrückt, sodaß die Bewegung des in ihnen aufsteigenden Saftes etwas gehindert wird, und die die Tracheen umgebenden Holzfasern werden angeschwollen und nach außen gebogen, worauf unter dem Druck des inneren Saftes und der Luft in den Tracheen, eine Neubildung eintritt und horizontale Wurzeln als Anhänge entwickelt werden. An den Sprossen aber, welche deutliche Knoten oder abwechselnde Knospen besitzen, entspringen die Wurzeln unterhalb des Knotens, weil dort das Fasernetz zu den Knospen abgelenkt wird und durch die Krümmung der Fasern der Weg für den Nahrungssaft verengt wird, sodaß ein seitliches Hervorbrechen notwendigerweise erfolgt: auch entspringen bei eingepflanzten Rebenreisern die Wurzeln nicht selten von der Basis der zarten Knospe unter dem Druck des Saftes, der zur Vergrößerung der Knospe bestimmt war, welche selbst schließlich verdorrt.

Der auf die eine oder andere Weise aufgenommene Saft wird nun in den Querreihen der Zellen der Wurzeln und Knollen aufgespeichert, bis er entweder in die Seitenwurzeln eintritt oder aufwärts geführt und für die Knospen verbraucht wird. In den Knollen und den ihnen ähnlichen Wurzeln aber vergrößern sich die querverlaufenden Zellen und vielleicht vermehren sich auch die Reihen derselben, weil an der Spitze, wie bei den Rüben zu beobachten ist, eine Art von Knoten gebildet wird, wo die Fasern und Tracheen in die Blätter abbiegen: deshalb kann der Saft nicht so leicht aufsteigen, sondern durch seine Schwere sammelt er sich in den anstoßenden Zellen; dies bewirkt an den Stellen, wo die nächstliegenden Faserstränge umbiegen eine Verbreiterung und eine knollige Verdickung des Wurzelstocks. Es wird also die Wurzel bei den meisten Pflanzen als Grundstock für das Austreiben der Knospen

dienen, bei allen aber zur Aufnahme, Aufbewahrung und Verarbeitung des Nahrungssaftes.

Wir haben nun, so gut es ging, die wichtigsten Theile, aus denen die Pflanzen bestehen, oberflächlich untersucht und nach der Analogie, die sich zwischen den Organen der Tiere und denen der Pflanzen ergibt, die Leistungen und den Nutzen der einzelnen Teile kurz angegeben."

Hier folgt nun eine kurze Rekapitulation der einzelnen Kapitel, die nicht wiedergegeben zu werden braucht, weil schon die Idea eine Übersicht enthält. Nur ein Abschnitt sei hier ausführlicher dargestellt, in dem die Versuche über Ringelung an den Ästen holziger Pflanzen beschrieben werden.

„Welches der Weg des Nahrungssaftes ist und ob der Saft von den äußersten Spitzen der Pflanzen zu den untersten Teilen zurückfließt und nach Bedürfniß nach der ganzen Peripherie, nach oben und unten getrieben wird, das ist fraglich. Wenn Wurzeln aus den Spitzen der Äste hervorbrechen, so schreiben sie dem in diesen enthaltenen Saft einen umgekehrten Weg und eine neue Bahn vor: denn es sind keine Klappen dazwischen, die eine bestimmte Bewegung bedingen. Einiges Licht darüber verbreiten die von mir an verschiedenen Bäumen angestellten Versuche. An einigen Sprossen und Zweigen nämlich habe ich einen horizontalen Schnitt in die Rinde gemacht und von ihr und dem Bast einen Ring abgetragen, sodaß das darunter befindliche Holz freigelegt wurde. Als an den Zweigen des Ahorn, der Pflaumen, Quitte, Eiche, Weide, Pappel, Hasel u. a. ein derartiger Ringschnitt gemacht war, entwickelte sich der obere Teil des Sprosses oder Stammes über dem Schnitt nach kurzem Wachstum derart, daß er stark anschwoll: in der Rinde nämlich, besonders bei der Eiche, den Pflaumen, der Quitte, verlängern sich die Querreihen der Zellen so, daß häufig Auswüchse entstehen, durch welche die entblößte Stelle des Holzes bedeckt wird: und indem sich von neuem eine Verbindung mit dem unteren Schnittrand der Rinde bildet, wird der Zusammenhang derselben wieder hergestellt, wobei auch der Teil des Zweiges über der Schnittstelle zu einem holzigen Ring auswächst und dick anschwillt: der entblößte Holzteil aber bleibt dünn, indem kein Wachsthum eintritt, was auch bei dem übrigen Teil des Sprosses unter der Schnittstelle geschieht. Dasselbe ereignete sich öfters, wenn ich einen spiraligen Einschnitt machte, bei Äpfel- und Pflaumenbäumen. Nur das fand ich merkwürdig, daß bisweilen an dem unteren Teile, nicht weit von dem Schnitt mehrere Knospen, besonders im Sommer, ohne bestimmte Stellung hervorbrechen, die sich zu neuen Sprossen entwickeln. Aus der Vergrößerung der Masse an dem Sproß über dem Schnitt kann man mit Recht schließen, daß der Nahrungssaft an den oberen Teilen zu den unteren zurückfließe: denn da die Gefäße der Rinde und des Bastes durchschnitten sind und den Nahrungssaft nicht weiter nach unten leiten können, so rufen sie am Holz und an der Rinde ein neues Wachstum hervor. Anderer-

seits dringt ein Teil des Saftes, der besonders in den Gefäßen der Rinde geleitet und in den Querreihen der Zellen unterhalb des Schnittes verarbeitet wird, aus der Rinde und dem Bast in die Knospen und schließlich in die Äste, wobei eine Vergrößerung der Rinde und ein Zuwachs der Holzschicht unterbleibt. Auch hieraus geht hervor, daß nicht aller Nahrungsstoff und Bildungssaft durch die Gefäße des Bastes und der Rinde von den Wurzeln in den Stamm und die äußersten Zweige geleitet wird.

Bisweilen habe ich auch vermutet, daß die erwähnte Anschwellung, die über dem Schnitt in den oberen Teilen der Zweige gebildet wird, von dem Zufluß des aufwärts steigenden Saftes herrührte, denn da nach Durchschneidung der Rinde der Nahrungssaft nur durch die Röhren des Holzes aufsteigen kann, so würde er nach der engen und beschränkten Stelle über dem Schnitt das weite Gebiet der Rinde treffen und sich hier nach außen verbreiten können, daher wäre er im Stande, durch sein Verweilen an dieser Stelle ein Wachstum der nächstliegenden Teile zu veranlassen. Da jedoch an jungen Zweigen, besonders der Eiche, fast keine Anschwellung entsteht, wenn die Rinde unterbrochen wird und wenn nur ein kleiner Teil des Zweiges, nach Entfernung seiner Spitze, über dem Ringelschnitt übrig bleibt, und da ebenso bei den Bäumen, in denen ebenfalls ein horizontaler Schnitt durch die Rinde gemacht ist, aber so, daß ein Teil dieser Rinde von der Breite des kleinen Fingers übrig bleibt und der Zusammenhang der Rinde gewahrt wird: so ist es sicher, daß die Zunahme des Nahrungssaftes stattfindet in dem zurückbleibenden Teil der Rinde und in der oberen Partie derselben, und deshalb halte ich es für wahrscheinlicher, daß der Nahrungssaft sich auch von oben nach unten bewegen kann.

Ich habe auch in den einzelnen Monaten mit horizontalen Einschnitten an verschiedenen Bäumen Versuche angestellt, um mich zu vergewissern, ob Ernährung und Wachstum zu jeder Zeit stattfinde. Im Mai wurde an einem dreijährigen Zweige des Feldahorns, an der Quitte, an Zwetschken, an Eiche und Ulme ein Einschnitt gemacht und nach Kurzem schwoll der obere Teil an. Dasselbe geschah, und zwar stärker, in den Monaten Juni und Juli, auch im Monat August waren mehrere Zweige, besonders der Ulme, des Feldahorns und der Pappel, die im Frühjahr eingeschnitten worden waren, angeschwollen; einige Äste von Pflaumen- und Quittenbäumen aber, die in demselben Monat eingeschnitten waren, zeigten nach Kurzem im oberen Teile eine monströse Verdickung: mehrere Bäume, die im September auf diese Weise eingeschnitten waren, gingen zu Grunde und die überlebenden wuchsen nur im oberen Teile etwas in die Dicke, während sie im unteren dünn blieben. Dasselbe geschah auch im Monat Oktober, als der Boden sehr trocken war: es wurde nämlich am Schwarzdorn nur eine kleine Anschwellung über dem Einschnitt gebildet, an Zwetschenbäumen eine etwas größere, aber nicht so

groß wie im Frühling. Auch in den Monaten November und Dezember erfolgte kein Wachstum weder über noch unter dem Einschnitt, obwohl der Versuch an verschiedenen Bäumen, besonders am Lorbeer gemacht worden war. Ebensowenig konnte in den Monaten Januar und Februar eine Veränderung bemerkt werden, sondern der von der Rinde entblößte und durch die Kälte starr gewordene Holzteil erfuhr kein Wachstum. Gegen Ende März, als die Erde wieder auflebte, schwoll der obere Theil der eingeschnittenen Bäume ein wenig an und es brachen die Knospen hervor. Zu derselben Zeit verwelkten die Stämme und meisten Äste, an denen im Herbst oder im Sommer ein horizontaler Einschnitt in die Rinde gemacht worden war, über der Schnittstelle und unterhalb lockerten sich die Knospen und schlugen aus. Dies geschah besonders an einjährigen Zweigen und zarten Stämmchen der Eichen, Äpfel, Rosen, Pflaumen, Quitten, des Weißdornes u. s. w. Dickere Stämme aber und mehrjährige Zweige des Feldahorns, Weißdorns, der Äpfel und ähnlicher (nachdem der Einfluß der Kälte überwunden war) schwollen im oberen Teile etwas an und trieben Knospen und Blüten. Schliesslich im Monat April wuchs der Teil über dem Schnitt bei Ulmen, Pflaumen und anderen raschwüchsigen Bäumen beträchtlicher in die Dicke, während bei Eichen und anderen, deren Knospen sich erst später öffnen, nur ein äußerst geringes Wachstum im oberen Teile zu bemerken war.

Zu erwähnen ist noch folgender Versuch:

Manche zweifeln noch, ob alles Wachstum und alle Fortpflanzung nur durch Eier oder wenigstens eingepflanzte Teile von Wurzeln und Zweigen geschieht oder ob die Erde selbst, ohne einen Samen zu empfangen, die gewöhnlich vorkommenden Pflanzen erzeuge. Um dies zu untersuchen, nahm ich Erde aus der Tiefe und tat sie in ein Glasgefäß, dessen Mündung ich mit einem mehrfachen Seidenstoff überspannte, damit Luft zutreten und Wasser zugegossen werden könne, alle Samen aber, die vom Winde abgerissen werden, ausgeschlossen seien: in dieser Erde nun entwickelte sich überhaupt keine Pflanze."

MALPIGHI schließt mit den Worten:

> „Während Du, lieber Leser, diese kleine Auswahl aus dem reichen Schatze der Natur, studierst, werde ich nach dem Rate des Sophokles wieder Neues lernen und das übrige, was man von den Himmlischen erflehen kann, durch Gebete zu erhalten suchen."

In der Widmung seines Werkes "The Anatomy of Plants" an König Karl II. von England schrieb Nehemiah Grew den ahnungsvollen Satz: "In sum, Your Majesty will find, that we are come ashore into a new World, whereof we see no end". Diese neue Welt, die sich Grew - bewaffnet mit Mikroskop und Rasiermesser - auftat, betraf aber nicht nur die in diese Zeit fallenden revolutionären Erfindungen und Verbesserungen von Flohgucker (vitrum pulicare) und Mikroskop, die bislang ungeahnte Möglichkeiten für anatomische Studien eröffneten. Die Zeit vor dem Erscheinen seines Werkes war geprägt von einer wechselvollen Philosophie- und Geistesgeschichte, die letztlich in der gedanklichen Trennung von Leib (oder Materie im Allgemeinen) und Seele gipfelte und somit erst anatomische Untersuchungen im heutigen Sinn ermöglichte.

Ein Blick zurück in die erste Hälfte des 17. Jhdts. erinnert uns daran, daß jenes Jhdt. für die Wissenschaft (Human- & Naturwissenschaften wurden damals noch nicht getrennt betrachtet) mit einem Knalleffekt begann: Im Februar ermordete die Katholische Kirche den italienischen Philosophen, Mathematiker und Astronomen Giordano Bruno (1548-1600) am Scheiterhaufen. Vor allem seine astronomischen Ideen, die das traditionelle geozentrische Weltbild ablehnten und damit die moderne Astronomie vorwegnahmen hielt man damals für nur mit Feuer heilbar. Es dauerte übrigens bis in die 80er Jahre dieses Jahrhunderts, bis man sich entschloß, seine Schriften vom Index zu nehmen. In London jener Zeit gastierte Shakespeare im Globe-Theatre, dessen Stücke der Chronist Samuel Pepys ein paar Jahrzehnte später, so sie überhaupt noch aufgeführt wurden, in seinen Tagebüchern öde, unzeitgemäß und entsetzlich langweilig fand. Die ersten Kolonien in Übersee waren bereits für die Krone in Besitz genommen, Überbevölkerung, wirtschaftliche Schwankungen (regelmäßige Mißernten) und nicht zuletzt religiös-politische Konflikte auf den britischen Inseln führten zur Gründung von Virginia (1607) und 12 weiterer Kolonien in den nächsten 125 Jahren. Am Kontinent bereitete man inzwischen mittels Fenstersturz alles für den Dreißigjährigen Krieg vor. Ein Mann namens Descartes (1596-1650), der später als Vater der modernen Philosopie zu Ehren kam, und versuchte, den Körper (bzw. die Materie) nach rein mechanistischen Prinzipien zu erklären, war jeweils kurzzeitig für verschiedene Dienstherren angestellt (auch als Spion in Italien). Ansonsten war er meist auf der Flucht. Seine Schriften verbreiteten sich dennoch und erreichten wohl auch die Inseln und somit Locke, Bacon, Hobbes. Verwurzelt in der antiken philosophischen Tradition ist jenen Herren damals der Spagat des Dualismus gelungen. Man sollte nie vergessen, daß gerade dieser Dualismus viele - heute gängige - Untersuchungen im Bereich der Naturwissenschaften erst ermöglichte, denn durch diese Leib-Seele Trennung konnte man z. B. erstmals sozusagen offiziell anatomische Studien betreiben, ohne Angst um seinen

eigenen Kopf haben zu müssen. Ein wenig von dieser Angst kann man auch aus dem Beginn des 2. Buches von Grew herauslesen.

Zurück auf die britischen Inseln: Karl I., seit 1625 König, mußte 1628 - im Geburtsjahr Grews - die Petition of Rights gewähren und regierte dann bis 1640 ohne Parlament. Als er versuchte, die presbyterianische Synodalverfassung Schottlands durch die anglikanische Bischofskirche zu ersetzen, kam es zum Aufstand. Um gegen die Schotten Krieg zu führen, brauchte er (wen wunderts) Geld. Er berief das Lange Parlament ein, opferte dem Parlament sogar seinen Minister Strafford am Schafott und mußte Einschränkungen seiner absolutistischen Macht hinnehmen. Ein Jahr später, 1641, zettelten die Iren einen Aufstand an und 1642 kam es zum Bürgerkrieg, aus welchem Cromwell als Sieger hervorging. 1648 wurde der König Karl I. vom Parlamentsheer gefangen genommen und 1649 tat man das, was Adel und Kirche wohl bis ins Knochenmark erschütterte: Man köpfte Karl I. und die Welt ... sie öffnete sich nicht, kein Schwefelregen fiel - sie wollte nicht untergehen.

In diesem Konglomerat aus politischen und religiösen Wirren einerseits, aber auch in einem Gefühl von philosophischer und wissenschaftlicher Aufbruchstimmung wuchs Grew nach den Grundsätzen der Presbyterianer auf. Er beendete seine medizinischen Studien, welchen er sich widmete, deshalb auch im Ausland und erlangte so in Leiden seine Doktorwürde. Nach seiner Rückkehr ließ er sich als praktischer Arzt in Coventry, seinem Geburtsort, nieder. Obwohl er Nicht-Konformist war, erlangte er durch seine Tätigkeit, zu einer Zeit, wo der religiöse Zwist bedeutenden Einfluß auf die gesellschaftlichen Verhältnisse ausübte, bald großes Ansehen. Schon um das Jahr 1664 begann er Beobachtungen über den Verlauf der Vegetation zu sammeln und seine Untersuchungen zu einem System auszuarbeiten. Er wurde in diesem Vorhaben von seinem Schwiegersohn, dem Arzt Sampson bestärkt, welcher ihn auf eine Stelle in einem Werk des Anatomen Glisson aufmerksam machte, worin dieser auf die Anatomie der Pflanzen als auf einen noch unerforschten und für die Behandlung der Krankheiten ersprießlichen Teil der Wissenschaft hinweist. Mit Hilfe verbesserter Mikroskope gelang es ihm schließlich, die Mischung beider Geschlechter im Pflanzenreich und den Pflanzenembryo zu erkennen. Er teilte das Ergebnis seiner damals in England völlig neuen Forschungen dem gelehrten Bischof John Wilkins mit, der ihre Wichtigkeit erkannte und im Jahr 1670 das Manuskript der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in London vorlas. Diese nahm es sehr bereitwillig an und ließ es unter dem Titel: The Anatomy of Vegetable Gebun; with a General Account of Vegetation Grounded thereon (London 1672) durcken. Später vereinigte er diese mit weiteren Bahn brechenden Schriften (An Idea of Phytological History, Propounded together with a Continuation of the Anatomy of Vegetation (ibid. 1673),. The Comparative Anatomy of Truncs, together with an Account

of their Vegetation (ibid. 1675) in dem Werk: The Anatomy of Plants (London 1682) zu einem Ganzen. Grews Manuskripte wurden auch ins Französische übertragen und fanden großen Beifall, wie die verschiedenen Auflagen dieser Übersetzung (Paris 1675, 1679, Leyde 1685, 1691) beweisen. Man findet darin viele neue Beobachtungen über die Entwicklung des Samenkorns, der Wurzel, des Stengels, der Blüten und der Früchte, welche wesentlich zur Förderung der botanischen Wissenschaft beitrugen. So erkennt er etwa die Existenz von Zellen (bladders) und kreiert viele anatomische Fachausdrücke wie Radicula (radicle) für die embryonale Wurzel und bezeichnet mit Plumula (plume) die Primärknospe des Embryos, da sie häufig einer kleinen Feder gleicht. Bei den Gewebeformen unterscheidet Grew das undifferenzierte Parenchym (parenchyma), die Siebröhren (lymphaeducts), Milchröhren (milk vessels), Leitgefäße (roriferous vessels, succiferous vessels) und Luftgefäße (air vessels). Mit letzteren dürfte er seiner Beschreibung der spiraligen Versteifungen in diesen Gefäßen nach wahrscheinlich die Tracheen gemeint haben, die in älteren Geweben oft luftgefüllt sein können.

In seiner Widmung an König Karl II. gesteht Grew auch ein, daß noch kein Ende dieser neuen Welt absehbar ist (" ... into a new world, where of we see no end"). So waren seine Entdeckungen über die Geschlechtsverschiedenheit der Pflanzen z. T. sehr fehlerhaft und namentlich Grews Ansichten über Antrieb und Richtung des Saftstromes haben einer kritischen Überprüfung nicht standhalten können. Man darf aber darüber nicht vergessen, daß er es war, der mit seinen Untersuchungen und - Begriffsbestimmungen die Richtung zu einer besseren Klassifizierung der pflanzlichen Erscheinungsformen vorgegeben, und somit den Weg für Wissenschaftler nach ihm geebnet hat. Grew starb 1711 im hohen Alter. Seine verdienstvollen Entdeckungen in der Botanik haben Carl v. Linné dazu bewogen, eine Tiliaceen-Gattung (Grewia) nach ihm zu benennen.

THE

ANATOMY

OF

PLANTS.

WITH AN

IDEA

OF A

Philosophical History of Plants.

And several other

LECTURES,

Read before the

ROYAL SOCIETY.

By *NEHEMJAH GREW* M.D. Fellow of the *ROYAL SOCIETY*, and of the *COLLEGE* of *PHYSICIANS*.

Printed by *W. Rawlins*, for the Author, 1682.

THE

ANATOMY

OF

PLANTS,

BEGUN.

WITH A

General Account

OF

VEGETATION,

Grounded thereupon.

The FIRST BOOK.

Preſented in Manuſcript to the ROYAL SOCIETY,
Sometime before the 11*th*. of *May*, 1671.

And afterwards in Print, *December* 7. of the ſame Year 1671.

By *NEHEMJAH GREW* M.D. Fellow of the
Royal Society, and of the *College* of *Phyſicians*.

The Second Edition.

LONDON,

Printed by *W. Rawlins*, 1682.

CHAP. II.

Of the ROOT.



HAVING Examin'd and pursu'd the Degrees of *Vegetation* in the *Seed*, we find its two *Lobes* have here their utmost period: and, that having conveyed their *Seminalities* into the *Radicle* and *Plume*; these therefore, as the *Root* and *Trunk* of the *Plant*, still survive. Of these, in their order, we next proceed to speak; and first, of the *Root*: whereof, as well as of the *Seed*, we must by Dissection inform our selves.

2. §. In Dissection of a *Root* then, we shall find it with the *Radicle*, as the *Parts* of an Old Man with those of a *Fœtus*, substantially, one. The first *Part* occurring is its *Skin*, the Original whereof is from the *Seed*: For that extreme thin *Cuticle* which is spread over the *Lobes* of the *Seed*, and from thence over the *Radicle*, upon the shooting of the *Radicle* into a *Root*, is co-extended, and becomes its *Skin*.

3. §. The next *Part* is the *Cortical Body*. Which, when it is thin, is commonly called the *Barque*. The Original hereof, likewise is from the *Seed*; or the *Parenchyma*, which is there common both to the *Lobes* and *Radicle*, being by *Vegetation* augmented and prolonged into the *Root*, the same becomes the *Parenchyma* of the *Barque*. Tab. 2. f. 4.

4. §. The Contexture of this *Parenchyma* may be well illustrated by that of a *Sponge*, being a Body Porous, Dilative and Pliable. Its *Pores*, as they are innumerable, so, extream small. These *Pores* are not only susceptive of so much Moisture as to fill, but also to enlarge themselves, and so to dilate the *Cortical Body* wherein they are: which by the shriv'ling in thereof, upon its being expos'd to the Air, is also seen. In which dilatation, many of its Parts becoming more lax and distant, and none of them suffering a solution of their continuity; 'tis a Body also sufficiently pliable; that is to say, a *most exquisitely fine-wrought Sponge*.

5. §. The Extention of these *Pores* is much alike by the length and breadth of the *Root*; which from the shrinking up of the *Cortical Body*, in a piece of a cut *Root*, by the same dimensions, is argu'd.

6. §. The proportions of this *Cortical Body* are various: If thin, 'tis, as is said, called a *Barque*; and thought to serve to no other end, than what is vulgarly ascrib'd to a *Barque*; which is a narrow conceit. If a Bulky Body, in comparison with That within it, as in the young *Roots* of *Cichory*, *Asparagus*, &c. 'tis here, because the fairest, therefore taken for the prime *Part*; which, though, as to Medicinal use, it is; yet, as to the private use of the *Plant*, not so. The Colour hereof, though it be originally white, yet in the continued growth of the *Root*, divers *Tinctures*, as yellow in *Dock*, red in *Bistort*, are thereinto introduced.

7. §. Next within this Part ſtands the *Lignous Body:* This *Lignous Body*, lyeth with all its parts, ſo far as they are viſible, in a Circle or *Ring*. Yet are there divers extreme ſmall *Fibres* thereto parallel, uſually mixed with the *Cortical Body*; and by the ſomewhat different colour of the ſaid *Cortical Body* where they ſtand, may be noted. Theſe *Fibres* the *Cortical Body*, and *Skin*, altogether, properly make the *Barque*. The Original of this *Lignous Body*, as of the two former, is from the *Seed*; or, the *Seminal Roots* of both the *Lobes*, being united in the *Radicle*, and with its *Parenchyma* co-extended, is here in the *Root* of the *Plant*, the *Lignous Body*.

Tab.2.f.4.b.

8. §. The Contexture hereof, in many of its parts, is much more cloſe than that of the *Cortical*; and their *Pores* very different. For whereas thoſe of the *Cortical* are infinitely numerous, theſe of the *Lignous* are in compariſon nothing ſo. But theſe, although fewer, yet are they, many of them, more open, fair and viſible: as in a very thin Slice cut athwart the young *Root* of a *Tree*, and held up againſt the light, is apparent. Yet not in all equally; in *Coran*-Tree, *Goosberry*-Tree, *&c.* leſs, in *Oak*, *Plums*, and eſpecially *Damaſcens*, more; in *Elder*, *Vines*, *&c.* moſt conſpicuous. And as they are different in number and ſize, ſo alſo (whereon the numerouſneſs of the *Pores* of the *Cortical Body* principally depends) in their ſhape. For whereas thoſe of the *Cortical Body* are extended much alike both by the length and breadth of the *Root*; theſe of the *Lignous*, are only by the length; which eſpecially in *Vines*, and ſome other *Roots* is evident. Of theſe *Pores*, 'tis alſo obſervable, that although in all places of the *Root* they are viſible, yet moſt fair and open about the *filamentous Extremities* of ſome *Roots*, where about, the *Roots* have no *Pith*; as in *Fenil*. And in many *Roots*, higher.

Tab.2.f.5.

Tab.2.f.7 a.b.

9. §. The proportion betwixt this *Lignous Body* and the *Cortical*, is various, as was ſaid; yet in this, conſtant, *ſc.* that in the *filamentous* and ſmaller Parts of the *Root*, the *Lignous Body* is very much the leſs; running like a ſlender *Wyer* or *Nerve* through the other ſurrounding it. Whereas in the upper part, it is often times of far greater quantity than the *Cortical*, although it be encompaſs'd by it. They ſtand both together pyramidally, which is moſt common to *Infant Roots*, but alſo to a great many others.

10. The next *Part* obſervable in the *Root*, is the *Inſertment*. The exiſtence hereof, ſo far as we can yet obſerve, is ſometimes in the *Radicle* of the *Seed* it ſelf; I cannot ſay always. As to its ſubſtantial nature, we are more certain; that it is the ſame with that of the *Parenchyma* of the *Radicle*; being always at leaſt augmented, and ſo, in part, originated from the *Cortical Body*, and ſo, at ſecond hand, from the ſaid *Parenchyma*. For in diſſecting a *Root*, I find, that the *Cortical Body* doth not only environ the *Lignous*, but is alſo wedg'd, and in many Pieces *inſerted* into it; and that the ſaid inſerted Pieces make not a meer Indenture, but tranſmit and ſhoot themſelves quite through as far as the *Pith*: which in a thin Slice cut athwart the *Root*, as ſo many lines drawn from the Circumference towards the Center, ſhew themſelves.

Tab. 2. f. 5.

11. §. The *Pores* of the *Inſertment* are ſometimes, at leaſt, extended ſomewhat more by the breadth of the *Root*, as about the top of the *Root* of *Borage* may be ſeen; and are thus different from thoſe of the

the *Cortical Body*, which are extended by the length and breadth much alike; and from those of the *Lignous*, being only by its length.

12. §. The number and size of these Insertions are various. In *Hawthorn*, and some others, and especially *Willows*, they are most extream small; in *Cherries* and *Plums* they are Biger; and in the *Vine* and some other *Trees*, very fairly apparent. In the *Roots* of most *Herbs* they are generally more easily discoverable; which may lead to the observation of them in all. Tab. 2. f. 5 & 6.

13. §. These *Insertions*, although they are continuous through both the length and breadth of the *Root*; yet not so in all Parts, but by the several shootings of the *Lignous Body* they are frequently intercepted. For of the *Lignous Body* it is (here best) observable; That its several *Shootings*, betwixt which the *Cortical* is inserted, are not, throughout the *Root*, wholly distinct, strait and parallel: but that all along being enarch'd, the *Lignous Body*, both in length and breadth, is thus dispos'd into *Braces* or *Osculations*. Betwixt these several *Shootings* of the *Lignous Body* thus osculated, the *Cortical* shooting, and being also osculated answerably *Brace* for *Brace*, that which I call the *Insertment* is framed thereof. Tab. 2. f. 8.

14. §. These *Osculations* are so made, that the *Pores* or *Fibres* of the *Lignous Body*, I think, notwithstanding, seldom or never run one into another; being, though contiguous, yet still distinct. In the same manner as some of the *Nerves*, though they meet, and for some space are associated together, yet 'tis most probable, that none of their *Fibres* are truly inosculated, saving perhaps, in the *Plexures*.

15. §. These *Osculations* of the *Lignous Body*, and so the interception of the *Insertions* of the *Cortical*, are not to be observ'd by the traverse cut of the *Root*, but by taking off the *Barque*. In the *Roots* of *Trees*, they are generally obscure; but in *Herbs* often more distinctly apparent; and especially in a *Turnep*: the appearance whereof, the *Barque* being stripp'd off, is as a piece of close-wrought Network, fill'd up with the *Insertions* from thence.

16. §. The next and last distinct *Part* of the *Root* is the *Pith*. The substantial nature thereof, is, as was said of the *Insertment*, the same likewise with that of the *Parenchyma* of the *Seed*. And according to the best observation I have yet made, 'tis sometimes existent in its *Radicle*; in which, the two main *Branches* of the *Lobes* both meeting, and being osculated together, are thus dispos'd into one round and tubular *Trunk*, and so environing part of the *Parenchyma*, make thereof a *Pith*; as in either the *Radicle*, or the young *Root* of the great *Bean* or *Lupine*, may, I think, be well seen.

17. §. But many times the Original hereof is immediately from the *Barque*. For in dissection of divers *Roots*, both of *Trees* and *Herbs*, as of *Barberry* or *Mallows*; it is observable, That the *Cortical Body* and *Pith*, are both of them participant of the same Colour; in the *Barberry*, both of them tinged yellow, and in *Mallows*, green. In cutting the smaller Parts of the *Roots* of many *Plants*, as of *Borage*, *Mallows*, *Parsley*, *Columbine*, &c. 'tis also evident, That the *Lignous Body* is not there, in the least Concave, but standeth Solid, or without any *Pith*, in the Center; and that the *Insertions* being gradually multiplied afterwards, the *Pith*, at length, towards the thicker parts of the *Root*, shews and enlarges it self. Whence it appears, that in all such *Roots*, Tab. 2. f. 9.--a

the

the *Pith* is not only of the ſame ſubſtantial nature, and by the *Inſertions* doth communicate with the *Barque*; and that it is alſo augmented by it; which is true of the *Pith* of all *Roots*; but is moreover, by mediation of the ſaid *Inſertions*, wholly originated from it; that is to ſay, from the *Parenchymous* Part thereof. The various appearances of the *Inſertions* and *Pith* from the filamentous *Parts* to the top of the *Root*, ſee in *Tab.* 2. The *Pores* of the *Lignous Body*, as it ſtands entire in the ſaid filamentous *Parts*, are beſt ſeen when they have lain by a night to dry, after cutting.

Tab. 2. *f.* 9.

18. §. A farther evidence hereof are the Proportions betwixt the *Cortical Body* and *Pith*. For as about the inferiour Parts of the *Root*, where the *Pith* is ſmall, the *Cortical Body* is proportionably great; ſo about the top, where the *Pith* is enlarged, the *Cortical Body* (now more properly becoming a *Barque*) groweth proportionably leſs, *ſc.* becauſe the *Inſertions* do ſtill more and more enlarge the *Pith*. Likewiſe the peculiar frame of ſome *Roots*, wherein beſides the *Pith*, the *Lignous Body* being divided into two or more *Rings*, there are alſo one or more thick *Rings*, of a white and ſoft ſubſtance, which ſtand betwixt them; and are nothing elſe but the *Inſertions* of the *Cortical Body* collected into the ſaid *Rings*; but, towards the top of the *Root*, being inſerted again, thus make a large and ample *Pith*; as in older *Fennel*-Roots, thoſe of *Beet*, *Turnep*, and ſome other *Herbs*, is ſeen.

Tab. 2. *f.* 8.

19. §. The *Pores* of the *Pith*, as thoſe of the *Cortical Body*, are extended both by the breadth and length of the *Root*, much alike; yet are they more or leſs of a greater ſize than thoſe of the *Cortical Body*.

20. §. The Proportions of the *Pith*, are various; in *Trees*, but ſmall; in *Herbs*, generally, very fair; in ſome making by far the greateſt part of the *Root*; as in a *Turnep*: By reaſon of the wide circumference whereof, and ſo the finer Concoction and Aſſimilation of its Sap; that *Part* which in moſt old *Trunks* is a dry and harſh *Pith*, here proves a tender, pleaſant meat.

21. §. In the *Roots* of very many *Plants*, as *Turneps*, *Carrots*, &c. the *Lignous Body*, beſides its main utmoſt *Ring*, hath divers of its *oſculated Fibres* diſperſed throughout the Body of the *Pith*; ſometimes all alike, and ſometimes more eſpecially in, or near, its Center; which *Fibres*, as they run towards the top of the *Root*, ſtill declining the Center, at laſt collaterally ſtrike into its Circumference; either all of them, or ſome few, keeping the Center ſtill. Of theſe principally, the Succulent part of the *Lignous Body* of the *Trunk* is often originated.

22. §. Some of theſe *Pith-Fibres*, although they are ſo exceeding ſlender, yet in ſome *Roots*, as in that of *Flower de liz*, they are viſibly concave, each of them, in their ſeveral Cavities alſo emboſoming a very ſmall *Pith*; the ſight whereof, the *Root* being cut traverſe, and laid in a Window for a day or two to dry, may without *Glaſſes* be obtain'd. And this is the general account of the *Root*; the declaration of the manner of its growth, with the uſe and ſervice of its ſeveral *Parts*, we ſhall next endeavour.

An Account of the Growth of the Root.

23. §. I SAY THEN, That the *Radicle* being impregnate, and ſhot into the Moulds, the contiguous moiſture, by the *Cortical Body*, being a Body laxe and Spongy, is eaſily admitted: Yet not all indiſcriminately, but that which is more adapted to paſs through the ſurrounding *Cuticle*.

Cuticle. Which transient *Sap*, though it thus becomes fine, yet is not simple; but a mixture of *Particles*, both in respect of those originally in the *Root*, and amongst themselves, somewhat heterogeneous. And being lodg'd in the *Cortical Body* moderately laxe, and of a Circular form; the effect will be an easie Fermentation. The *Sap* fermenting, a separation of *Parts* will follow; some whereof will be impacted to the Circumference of the *Cortical Body*, whence the *Cuticle* becomes a *Skin*; as we see in the growing of the Coats of Cheeses, of the Skin over divers Liquors, and the like. Whereupon the *Sap* passing into the *Cortical Body*, through this, as through a *Manica Hippocratis*, is still more finely filtred. With which *Sap*, the *Cortical Body* being dilated as far as its *Tone*, without a solution of Continuity, will bear; and the supply of the *Sap* still renew'd: the purest part, as most apt and ready, recedes, with its due *Tinctures*, from the said *Cortical Body*, to all the parts of the *Lignous*; both those mixed with the *Barque*, and those lying within it. Which *Lignous Body* likewise super-inducing its own proper *Tinctures* into the said *Sap*; 'tis now to its highest preparaton wrought up, and becomes (as they speak of that of an Animal) the Vegetative *Ros* or *Cambium*: the noblest part whereof is at last coagulated in, and assimilated to the like substance with the said *Lignous Body*. The remainder, though not united to it, yet tinctur'd therein, thus retreats, that is, by the continual appulse of the *Sap*, is in part carried off into the *Cortical Body* back again, the *Sap* whereof it now tinctures into good *Aliment*. So that whereas before, the *Cortical Body* was only relaxed in its Parts, and so dilated; 'tis now increas'd in real quantity or number of parts, and so is truly nourish'd. And the *Cortical Body* being saturate with so much of this Vital *Sap* as serves it self; and the second Remainders discharged thence to the *Skin*; this also is nourish'd and augmented therewith. So that as in an *Animal Body* there is no instauration or growth of Parts made by the *Bloud* only, but the *Nervous Spirit* is also thereunto assistant; so is it here: the *Sap* prepared in the *Cortical Body*, is as the *Bloud*, and that part thereof prepared by the *Lignous*, is as the *Nervous Spirit*; which partly becoming Nutriment to it self, and partly being discharged back into the *Cortical Body*, and diffusing its Tincture through the *Sap* there, that to the said *Cortical Body* and *Skin*, becomes also true Nutriment, and so they all now grow.

24. §. In which growth, a proportion in length and breadth is requisite: which being rated by the benefit of the *Plant*, both for firm standing and sufficient *Sap*, must therefore principally be in length. And because it is thus requisite, therefore by the constitution of one of its *Parts*, *sc.* the *Lignous Body*, it is also made necessary. For the *Pores* hereof, in that they are all extended by its length, the *Sap* also according to the frame and site of the said *Pores* will principally move; and that way as its *Sap* moves, the same way will the generation of its Parts also proceed; *sc.* by its length. And the *Lignous Body* first (that is by a *priority causal*) moving in length it self; the *Cortical* also moves therewith. For that which is nourish'd, is extended: but whatever is extended, is mov'd: that therefore which is nourish'd, is mov'd: The *Lignous Body* then being first nourish'd, 'tis likewise first mov'd, and so becomes and carries in it the Principle of all Vegetative motion in the *Cortical*; and so they both move in length.

25. §.

25. §. Yet as the *Lignous Body* is the *Principle* of Motion in the *Cortical*; so the *Cortical* is the *Moderator* of that in the *Lignous*: As in Animal Motions, the *Principle* is from the *Nerves*; yet being once given to the *Muscle* or *Limb*, and that moving proportionably to its structure, the *Nerves* also are carried in the same motion with it. We suppose therefore, that as the principal motion of the *Lignous Body* is in length, so is its *proper tendency* also to *Ascend*. But being much exceeded both in Compass and Quantity by the *Cortical*, as in the smaller parts of the *Root* it is; it must needs therefore be over-born and governed by it; and so, though not lose its motion, yet make it that way wherein the *Cortical Body* may be more obedient to it; which will be by descent. Yet both of them being sufficiently pliable, they are thus capable, where the Soyl may oppose a direct descent, there to divert any way, where it is more penetrable, and so to descend obliquely. For the same reason it may also be, that though you set a *Bean* with the *Radicle* upward; yet the *Radicle*, as it shoots, declining also gradually, is thus arch'd in form of an Hook, and so at last descends. For every declination from a perpendicular Line, is a mixed motion betwixt Ascent and Descent, as that of the *Radicle* also is, and so seeming to be dependent upon the two *Contrary Tendencies* of the *Lignous* and *Cortical Bodies*. What may be the cause of those *Tendencies* (being most probably external, and a kind of *Magnetisme*) I shall not make my Task here to enquire.

26. §. Now although the *Lignous Body*, by the position and shape of its *Pores*, principally groweth in length; yet will it in some degree likewise in breadth: For it cannot be supposed that the purest *Sap* is all received into the said *Pores*; but that part thereof likewise, staying about its *Superficial Parts*, is there tinctur'd and agglutinated to them. And because these *Pores* are prolonged by its length; therefore it is much more laxe and easily divisible that way; as in slitting a Stick, or cleaving of Timber, and in cutting and hewing them athwart is also seen. Whence it comes to pass, that in shooting from the Center towards the Circumference, and there finding more room, its said original *Laxity* doth easily in divers places now become greater, and at length in open *Partments* plainly visible. Betwixt which *Partments*, the *Cortical Body*, being bound in on the one hand, by the surrounding *Skin* and *Moulds*, and pressed upon by the *Lignous* on the other, must needs insert it self, and so move contrary to it, from the Circumference *towards* the *Center*. Where the said contrary motions continued as begun, they at last meet, unite, and either make or augment the *Pith*. And thus the *Root* is fram'd, and the *Skin*, the *Cortical* and *Lignous Bodies*, so as is said, thereunto concurrent. We shall next shew the use of the two other *Parts*, *sc.* the *Insertment* and *Pith*; and first of the *Pith*.

27. §. ONE true use of the *Pith* is for the better Advancement of the *Sap*, whereof I shall speak in the next Chapter. The use I here observe, is for the quicker and higher Fermentation of the *Sap*: For although the Fermentation made in the *Cortical Body* was well subservient to the first *Vegetations*, yet those more perfect ones in the *Trunk* which after follow, require a Body more adapted to it, and that is the *Pith*; which is so necessary, as not to be only common to, but considerably large in the *Roots* of most *Plants*; if not in their inferiour

parts,

parts, yet at their tops. Where though either deriv'd or amplify'd from the *Cortical Body*, yet being by its *Insertions* only, we may therefore suppose, as those, so this, to be more finely constituted. And being also from its coarctation, while inserted, now free; all its *Pores*, upon the supply of the *Sap*, will more or less be amplified: Upon which accounts, the *Sap* thereinto received, will be more pure, and its fermentation therein more active. And as the *Pith* is superiour to the *Cortical Body* by its *Constitution*, so by its *Place*. For as it thus stands central, it hath the *Lignous Body* surrounding it. Now as the *Skin* is the Fence of the *Cortical Body*, and that of the *Lignous*; so is the *Lignous* again a far more preheminent one unto the *Pith*; the *Sap* being here a brisk Liquor, *tunn'd up* as in a wooden *Cask*.

28. §. And as the *Pith* subserves the higher Fermentation of the *Sap*; so do the *Insertions* its purer Distribution; that separation which the parts of the *Sap*, by being fermented in the *Pith*, were dispos'd for; being, upon its entrance into the *Insertions*, now made: So that as the *Skin* is a *Filtre* to the *Cortical Body*, so are the *Insertions* a more preheminent one to the *Lignous*. And as they subserve the purer, so the freer and sufficient distribution of the *Sap*: For the *Root* enlarging, and so the *Lignous Body* growing thicker, although the *Cortical* and the *Pith* might supply *Sap* sufficient to the nutrition of its *Parts* next adjacent to them; yet those more inward, must needs be scanted of their *Aliment*; and so, if not quite starv'd, yet be uncapable of equal growth: Whereas the *Lignous Body* being through its whole breadth frequently disparted, and the *Cortical Body* inserted through it; the *Sap* by those *Insertions*, as the *Bloud* by the disseminations of the *Arteries*, is freely and sufficiently convey'd to its intimate Parts, even those, which from either the *Barque* or from the *Pith*, are most remote. Lastly, as the consequent hereof, they are thus assistant to the *Latitudinal growth* of the *Root*; as the *Lignous Body* to its growth in Length; so these *Insertions* of the *Cortical*, to its better growth in Breadth.

29. §. Having thus seen the solitary uses of the Several *Parts* of the *Root*, I shall lastly propound my Conjectures of that Design whereto they are altogether concurrent, and that is the *Circulation* of the *Sap*.

30. §. That the *Sap* hath a Double, and so a *Circular* Motion, in the *Root*; is probable, from the proper Motion of the *Root*, and from its Office. From its Motion, which is Descent: for which, the *Sap* must likewise, some where, have such a Motion proper to it. From its Office, which is, To feed the *Trunk*: for which, the *Sap* must also, in some *Part* or other, have a more especial Motion of Ascent.

31. §. We may therefore suppose, That the *Sap* moving in the *Barque*, towards the *Pith*, through the *Insertions*, thereinto obtains a pass, Which passage, the upper *Insertions* will not favour; because the *Pith* standing in the same heigth with them, is there large, the fermenting and course of the *Sap* quick, and so its opposition strong. But through the lower it will much more easily enter; because there, from the smalness of the *Pith*, the opposition is little, and from the shortness of the *Insertions*, the way more open. So that the *Sap* here meeting with the least opposition, here it will bestow it self (feeding the *Lignous Body* in its passage) into the *Pith*. Into which, fresh *Sap* still entring, this being yet but crude, will subside: that

I first

firſt receiv'd, and ſo become a Liquor higher wrought, will more eaſily mount upwards. And moving in the *Pith*, eſpecially in the *Sap-Fibers* there diſpers'd, as in the *Arterys*, in equal altitude with the upper-*Inſertions*; the moſt volatile parts of all will ſtill continue their direct aſcent towards the *Trunk*. But thoſe of a middle nature, and, as not apt to aſcend, ſo being lighter than thoſe beneath them, not to deſcend neither; they will tend from the *Pith* towards the *Inſertions* in a Motion betwixt both. Through which *Inſertions* (feeding the *Lignous Body* in its paſſage) it is, by the next ſubſequent *Sap*, diſcharged off into the *Cortical Body*, and ſo into the *Sap-Fibres* themſelves, as into the *Veins*, back again. Wherein, being ſtill purſu'd by freſh *Sap* from the Center, and more occurring from the Circumference, towards the lower *Inſertions*, it thus deſcends. Through which, together with part of the *Sap* afreſh imbib'd from the Earth, it re-enters the *Pith*. From whence, into the *Cortical Body*, and from thence into the *Pith*, the cruder part thereof, is reciprocally disburs'd; while the moſt *Volatile*, not needing the help of a *Circulation*, more directly aſcendeth towards the *Trunk*.

CHAP.

An Appendix.

Of Trunk-Roots and Claspers.

THE diſtinct *Parts* whereof theſe are compoſed, are the ſame with thoſe of the *Trunk*, and but the continuation of them.

1. §. *Trunk Roots* are of two kinds: Of the one, are thoſe that vegetate by a direct deſcent: The place of their Eruption is ſometimes all along the *Trunk*; as in *Mint*, &c. Sometimes only at its utmoſt point, as in the *Bramble*.

2. 2. The other ſort are ſuch as neither aſcend nor deſcend, but ſhoot forth at right Angles with the *Trunk*; which therefore, though as to their *Office*, they are true *Roots*, yet as to their *Nature*, they are a *Middle Thing* betwixt a *Root* and a *Trunk*.

3. §. *Claſpers*, though they are but of one kind, yet their Nature is double; not a mean betwixit that of the *Root* and that of the *Trunk*, but a compound of both; as in their Circumvolutions, wherein they often mutually aſcend and deſcend, is ſeen.

4. §. The uſe of theſe *Parts* may be obſerved as the *Trunk* Mounts, or as it Trails. In the mounting of the *Trunk*, they are for Support and Supply. For Support, we ſee the *Claſpers* of *Vines*: the *Branches* whereof being very long, fragile and ſlender; unleſs by their *Claſpers*, they were mutually contain'd together, they muſt needs by their own weight, and that of their Fruit, undecently fall; and be alſo liable to frequent breaking. So that the whole care is divided betwixt the Gardener and Nature; the Gardener, with his Ligaments of Leather, ſecures the main Branches; and Nature, with theſe of her own finding, ſecures the Leſs. Their Conveniency to which end, is ſeen in their *Circumvolutions*, a motion, not proper to any other *Part*: As alſo in their toughneſs, though much more ſlender than the *Branches* whereon they are appendent.

5. §. The *Claſpers* of *Bryony* have a retrograde motion about every Third *Circle*, to the form a Doublet-Claſp. Probably for the more certain hold; which, if it miſs one way, it may be ſure to take another.

6. §. For Supply, we ſee the *Trunk-Roots* of *Ivy*. For mounting very high, and being of a cloſer or more compact Subſtance than that of a *Vine*; the *Sap* could not be ſufficiently ſupplied to the upper *Sprouts*, unleſs theſe, to the *Mother-Root*, were joyntly aſſiſtant. Yet ſerve they for ſupport likewiſe; whence they ſhoot out, not as in *Creſſes*, *Brook-lime*, &c. reciprocally on each ſide, but commonly, all on one; that ſo they may be faſtned at the neareſt hand.

7. §. In the Trailing of the *Trunk*, they ſerve for ſtabiliment, propagation and ſhade. For ſtabiliment, the *Claſpers* of *Cucumbers* are of good uſe. For the *Trunk* and *Branches* being long and fragile, the Bruſhes of the Winds would injuriouſly hoiſe them to and fro, to the dammage both of themſelves and their tender Fruits, were

they not by these Ligaments brought to good Association and Settlement.

8. §. As for this end, so for Propagation, the *Trunk-Roots* of *Chamæmile* do well serve. Whence we have the reason of the common observation, that it grows better by being trod upon: the Mould, where too laxe, being thus made to lie more conveniently about the said *Trunk-Roots* newly bedded therein; and is that which is sometimes also effected in Rowling of *Corn*.

9. §. For both these ends, Serve the *Trunk-Roots* of *Strawberries*: as also for shade; for in that all *Strawberries* delight; and by the trailing of the *Plant* is well obtain'd. So that as we are wont to tangle the Twigs of *Trees* together to make an *Arbour Artificial*; the same is here done to make a *Natural one*: as likewise by the *Claspers* of *Cucumbers*. For the *Branches* of the one by the Linking of their *Claspers*, and of the other by the Tethering of their *Trunk-Roots*, being couched together; their tender Fruits thus lie under the Umbrage of a *Bower* made of their own Leaves.

CHAP. IV.

Of the GERMEN, BRANCH, *and* LEAF.



THE Parts of the *Germen* and *Branch*, are the same with those of the *Trunk*; the same *Skin*, *Cortical* and *Lignous Bodies*, *Insertment* and *Pith*, hereinto propagated, and distinctly observable herein.

2. §. For upon Enquiry into the Original of a *Branch* or *Germen*, it appears, That it is not from the *Superficies* of the *Trunk*; but so deep, as to take, with the *Cortical*, the *Lignous Body* into it self: and that, not only from its Circumference, but from in *Inner* or *Central Parts*; So as to take the *Pith* in also. Divers of which *Parts* may commonly be seen to shoot out into the *Pith*; from which *Shoots*, the surrounding and more superiour *Germens* are originated; in like manner as the Succulent Part of the *Lignous Body* of the *Trunk* is sometimes principally from those Fibrous *Shoots* which run along the *Pith* in the *Root*.

3. §. The manner wherein usually the *Germen* and *Branch* are fram'd, is briefly thus: The *Sap* (as is said, *Chap.* 3.) mounting in the *Trunk*, will not only by its length, but by its breadth also, through the *Insertions* partly move. Yet, its Particles being not all alike qualified, in different degrees. Some are more gross and sluggish; of which we have the formation of a Circle of Wood only, or of an *Annual Ring*. Others are more brisk; and by these, we have the *Germen* propagated. For by the vigour of their own motion from the Center, they impress an equal tendency on some of the inner *Portions* of the *Lignous Body* next adja-cent

KAPITEL II.
Über die WURZEL

Nachdem wir die Arten der vegetativen Entwicklung im Samen untersucht und erforscht haben, haben wir gesehen, daß sich die beiden Keimblätter hier in ihrer letzten Entwicklungsphase befinden. Und nachdem sie ihre Nährstoffe in Radicula und Knospe geleitet haben, werden diese letztlich als Wurzel und Sproß der Pflanze weiterleben. Von diesen Teilen werden wir als nächstes sprechen; zuerst aber von der Wurzel: Um mehr über die Wurzel erfahren zu können, müssen wir sie, ebenso wie den Samen, sezieren.

2. §. Beim Sezieren einer Wurzel werden wir nun feststellen, daß sie genauso wie die Radicula gebaut ist, gleich den Teilen eines alten Mannes, die denen eines Foetus entsprechen. Als erste ist die Wurzelhaut erkennbar, deren Ursprung im Samen liegt. Denn diese extrem dünne Kutikula, die über die Keimblätter des Samens und von dort über die Radicula gelegt ist, wächst bei der Entwicklung der Radicula zur Wurzel mit und wird so zu ihrer Haut.

3. §. Als nächstes kommt die Wurzelrinde, die, wenn sie dünn ist, normalerweise Borke genannt wird und ihren Ursprung ebenfalls im Samen hat. Das Parenchym, das sowohl in den Keimblättern als auch in der Radicula enthalten ist, vergrößert und verlängert sich während des Wachstums in die Wurzel hinein, und wird so zum Parenchym der Borke. (Tafel 2. Abb. 4.)

4. §. Die Struktur dieses Parenchyms kann am besten mit der eines Schwammes verglichen werden, der ein poröser, dehnbarer und nachgiebiger Körper ist. Die Poren des Parenchyms sind aufgrund ihrer großen Anzahl extrem klein. Diese Poren können nicht nur gänzlich mit Feuchtigkeit gefüllt sein, sondern sich auch vergrößern, und damit den Rindenkörper, in dem sie sich befinden, erweitern. Das kann auch daran erkannt werden, daß der Rindenkörper einschrumpft, wenn er der Luft ausgesetzt wird. In ausgedehntem Zustand werden viele Teile des Rindenkörpers locker und haben großen Abstand zueinander, ohne aber dabei zerstört zu werden. Der Rindenkörper ist also hinlänglich nachgiebig; sozusagen wie ein äußerst fein gearbeiteter Schwamm.

5. §. Seine Poren dehnen sich gleichmäßig der Länge als auch der Breite nach aus. Das gleichmäßige Zusammenschrumpfen des Rindenkörpers eines abgeschnittenen Wurzelstücks in beide Richtungen bestätigt diese Beobachtung.

6. §. Das Ausmaß des Rindenkörpers kann unterschiedlich sein. Wenn er dünn ist, wird er, wie gesagt, Borke genannt. Man nimmt an, daß ihr keine andere Aufgabe zukommt, als die, die einer Borke gemeinhin zugeschrieben wird. Das ist aber eine

kurzsichtige Auffassung. Wenn die Rinde, verglichen mit den innerhalb liegenden Teilen, ein massiger Körper ist, wie bei den jungen Wurzeln von Wegwarte, Spargel, &c., muß sie wegen ihrer Üppigkeit als der wichtigste Teil gelten. Das stimmt zwar für die medizinische Verwendung, nicht aber für den eigenen Gebrauch. Die ursprünglich weiße Farbe der Borke nimmt im Laufe des Wachstums verschiedene Farbtöne an, z.B. gelb bei Ampfer und rot bei bei der Natterwurz.

7. §. Auf die Rinde folgt nach innen zu der Holzkörper. (Tafel 2, Abb. 4b.). Dieser Holzkörper ist mit all seinen Bestandteilen, soweit sie erkennbar sind, kreis- oder ringförmig angeordnet. Allerdings gibt es auch verschiedene, extrem kleine, parallel verlaufende Fasern, die in den Rindenkörper eingebettet sind und sich durch ihre etwas andere Farbgebung von ihm abheben. Diese Fasern, zusammen mit dem Rindenkörper und der Haut, bilden eigentlich gemeinsam die Borke. Der Ursprung des Holzkörpers liegt ebenso wie der der beiden vorhergehenden Teile im Samen. Die Ansatzstellen der beiden Keimblätter im Samen vereinigen sich in der Radicula und bauen zusammen mit dem Parenchym, das ebenfalls mitwächst, in der Pflanzenwurzel den Holzkörper auf.

8. §. Seine Struktur ist in vielen seiner Teile kompakter als in der Rinde. Auch die Poren des Holzkörpers unterscheiden sich von denen des Rindenkörpers. Denn während sich in der Rinde unzählig viele Poren befinden, trifft das für den Holzkörper nicht zu. Und obwohl ihre Anzahl dort geringer ist, sind sie gut sichtbar, da viele von ihnen weitlumig sind, wie es anhand eines sehr dünnen Querschnittpräparates einer jungen Baumwurzel im Gegenlicht beobachtet werden kann. Aber nicht bei allen gleich gut: Weniger gut bei Coran-, Stachelbeerbaum, &c., besser bei Eichen, Pflaumen aber besonders gut bei Damascens; und am deutlichsten bei Holunder, Wein &c. (Tafel 2. Abb. 5) Ebenso wie sie sich in Anzahl und Größe unterscheiden (davon hängt die Zahl der Poren im Rindenkörper grundsätzlich ab) ist auch ihrer Form anders.

9. §. Das Verhältnis zwischen Holz- und Rindenkörper ist, wie bereits erwähnt, unterschiedlich. Eines ist jedoch immer gleich: In den filamentösen und kleineren Teilen der Wurzel ist der Holzkörper sehr viel kleiner. Wie ein dünner Draht oder Nerv läuft er durch das ihn umgebende Rindengewebe. Im Gegensatz dazu ist der Holzkörper im oberen Teil der Wurzel größer als der Rindenkörper, der ihn umschließt. Beide Teile sind meistens bei jungen, aber auch bei vielen anderen Wurzeln pyramidenförmig ausgebildet.

10. §. Weiters können in der Wurzel Gewebeteile beobachtet werden, die zwischen die Strahlen des Holzkörpers eingesenkt sind. Soweit wir zur Zeit feststellen können, sind sie manchmal, aber nicht immer, schon in der Radicula des Samens zu finden. Da ihre stoffliche Beschaffenheit aber ziemlich sicher gleich der des Parenchyms der Radicula ist, schließen wir, daß diese Gewebeteile selten durch direktes Wachstum entstanden sind, sondern sekundär aus dem Rindenkörper und besagtem Parenchym hervorgegangen sind. Denn beim Sezieren einer Wurzel habe ich

herausgefunden, daß der Rindenkörper den Holzkörper nicht nur umgibt, sondern regelrecht in ihn eindringt und so Gewebeteile in ihn einsenkt. Diese eingesenkten Teile machen allerdings nicht bloß Einkerbungen, sondern durchsetzen und durchwachsen das Gewebe bis zum Mark. (Tafel 2. Abb. 5) Sie zeigen sich in einem dünnen Querschnittpräparat der Wurzel als Linien, die vom Wurzelmantel zum Zentrum verlaufen.

11. §. Die Poren dieser Gewebeteile sind zumindest manchmal etwas in die Breite gedehnt, wie es im oberen Teil der Wurzel von Borretsch beobachtet werden kann. Sie unterscheiden sich deshalb von den Poren des Rindenkörpers, die gleichmäßig in die Länge und Breite ausgeweitet sind, und von den Poren des Holzkörpers, die nur der Länge nach ausgedehnt sind.

12. §. Anzahl und Größe dieser Einsenkungen sind verschieden. Bei Hagedorn und einigen anderen, besonders aber bei Weiden, sind sie am kleinsten. Bei Kirschen und Pflaumen sind sie größer und beim Wein (Tafel 2. Abb. 5) und einigen anderen Bäumen sind sie sehr schön ausgeprägt. In den Wurzeln der meisten Kräuter sind sie normalerweise sehr leicht zu erkennen, weshalb man sie bei ihnen allen gut beobachten kann.

13. §. Diese eingesenkten Gewebeteile laufen kontinuierlich der Länge und Breite nach durch die Wurzel. Das ist aber nicht in allen Teilen so, da sie oft von vielen Partien des Holzkörpers unterbrochen werden. Denn im Holzkörper kann man am besten beobachten, daß seine vielen Strahlen, zwischen die der Rindenkörper eingesenkt ist, nicht gänzlich getrennt sowie gerade und parallel durch die Wurzel verlaufen. Vielmehr verlaufen sie bogenförmig, sowohl der Länge als auch der Breite nach, und ergeben so ein Netz von Verbindungspunkten und Berührungen. Zwischen diesen so verbundenen Teilen des Holzkörpers liegen die eingesenkten Teile der Rinde, die ebenfalls bogenförmig miteinander verbunden sind. So ist dieser Einsenkungsbereich der Rinde in den Holzkörper zusammengesetzt. (Tafel 2. Abb. 8)

14. §. Ich glaube, daß diese engen Verbindungen so aufgebaut sind, daß die Poren oder Fasern des Holzkörpers dennoch selten oder nie ineinander übergehen, sondern, obwohl sie nahe beieinander liegen, trotzdem getrennt verlaufen. Gleich einigen Nerven, bei denen, obwohl sie einander berühren und für einen gewissen Abschnitt gemeinsam verlaufen, dennoch aller Wahrscheinlichkeit nach, keine ihrer Fasern richtig miteinander verbunden sind, außer vielleicht im Nervengeflecht.

15. §. Diese Verbindungen des Holzkörpers und damit auch die Unterbrechungen der Einsenkungen der Rinde können nicht im Querschnitt der Wurzel beobachtet werden, sondern nur wenn die Borke entfernt wird. In Baumwurzeln sind sie im allgemeinen verborgen, in Kräutern aber oft deutlich zu erkennen, und da besonders gut bei der weißen Rübe. Wenn man die Borke entfernt, sieht man ein engmaschiges Netzwerk, das mit den Einsenkungen der Rinde ausgefüllt ist.

16. §. Der nächste und letzte erkennbare Teil der Wurzel ist das Mark. Es ist von derselben stofflichen Beschaffenheit wie das Parenchym des Samens, das bei der Einsenkungszone bereits beschrieben wurde. Nach den besten Beobachtungen, die ich bis jetzt gemacht habe, findet man es manchmal bereits in der Radicula, in der die beiden Hauptäste der Keimblätter aufeinander treffen und eng aneinander geschmiegt in einen runden röhrenförmigen Spross übergehen. Sie umgeben einen Teil des Parenchyms, woraus schließlich das Mark entsteht. Das kann, denke ich, sehr gut in der Radicula oder der jungen Wurzel der Bohne oder der Lupine beobachtet werden.

17. §. In vielen Fällen liegt der Ursprung des Markes allerdings direkt in der Borke. Beim Sezieren verschiedener Wurzeln von Bäumen und Kräutern, wie der Berberitze oder der Malve kann man beobachten, daß der Rindenkörper und das Mark die gleiche Färbung aufweisen. Bei der Berberitze sind beide gelb gefärbt, bei der Malve sind sie grün. Wenn man die kleineren Teile der Wurzel von verschiedenen Pflanzen wie Borretsch, Malve, Petersilie, Akelei, &c. schneidet, wird ebenfalls ersichtlich, daß der Holzkörper nicht in der innersten Wurzelschale liegt, sondern massiv und ohne Mark (Tafel 2 Abb. 9--2) das Zentrum der Wurzel ausfüllt. Man sieht auch, daß mit zunehmendem Wurzeldurchmesser nach und nach die Einsenkungen mehr werden, und daß gegen die dickeren Teile der Wurzel hin das Mark erscheint und größer wird. Daher scheint es, daß in allen diesen Wurzeln das Mark nicht nur die gleiche stoffliche Beschaffenheit wie die Rinde aufweist, sondern daß es darüberhinaus über die Einsenkungen mit ihr in Verbindung steht. Es wird von der Rinde aus vermehrt und hat über die Verbindung der oben erwähnten Einsenkungen darin, genauer gesagt im parenchymatischen Teil der Rinde, seinen Ursprung. Das trifft für das Mark aller Wurzeln zu. Die verschiedenen Erscheinungsformen der Einsenkungen und des Markes von den filamentösen Teilen der Wurzel bis zu den oberen Teilen der Wurzel (Tafel 2. Abb. 9) können in Tafel 2 verfolgt werden. Die Poren des Holzkörpers, der in den bereits beschriebenen filamentösen Teilen zentral liegt, sind am besten sichtbar, wenn die Wurzelstücke nach dem Schneiden für eine Nacht austrocknen können.

18. §. Ein weiterer Beweis für den Zusammenhang zwischen Rinde und Mark ist das Verhältnis zwischen diesen beiden Gewebeteilen. Denn während in den unteren Teilen der Wurzel, wo das Mark klein ist, der Rindenkörper verhältnismäßig groß ist, ist in den oberen Teilen der Wurzel, wo das Mark umfangreicher ist, der Rindenkörper (der hier eher eine Borke ist) vergleichsweise schwach ausgebildet. Der Grund dafür ist, daß die Einsenkungen fortfahren, das Mark mehr und mehr zu vergrößern. Ebenso ist ein Indiz dafür der eigenartige Bau einiger Wurzeln, bei denen der Holzkörper zusätzlich zum Mark in zwei oder mehrere Ringe aufgeteilt ist. Dadurch entstehen ein bis zwei weitere dicke Ringe aus einer weißen, weichen Substanz, die zwischen die Holzteile eingebettet ist. Diese Bereiche sind nichts anderes als die Einsenkungen des Rindenkörpers, die so zu Ringen zusammengefaßt

sind. Im oberen Teil der Wurzel schieben sich erneut Einsenkungen zwischen die Holzteile und bilden so ein großes, weitlumiges Mark. Das kann in älteren Fenchel- oder Rübenwurzeln, in der weißen Rübe und einigen anderen Kräutern beobachtet werden. (Tafel 2. Abb. 8)

19. §. Die Poren des Markes sind, wie die des Rindenkörpers, in der Wurzel gleichmäßig der Länge und Breite nach ausgedehnt. Sie sind allerdings mehr oder weniger größer als die des Rindenkörpers.

20. §. Die Größe des Markes ist unterschiedlich. In Bäumen ist es klein, in Kräutern im allgemeinen besser entwickelt, und bei manchen stellt das Mark sogar weitaus den größten Teil der Wurzel dar, wie bei der weißen Rübe: Wegen seines großen Umfanges, und der besseren Mischung und Speicherung des Saftes, ist dieser Teil, der bei den meisten alten Bäumen trockenes hartes Mark ist, hier ein weiches, angenehmes Fleisch.

21. §. In den Wurzeln vieler Pflanzen, wie weißen Rüben, Karotten &c. sind zusätzlich zum primären äußersten Ring aus Holzfasern, etliche seiner miteinander verbundenen Fasern im Mark verteilt: Manchmal sind diese gleichmäßig im ganzen Mark verteilt, manchmal konzentrieren sie sich auch im oder um das Zentrum. Wenn sich diese Fasern der Wurzelbasis nähern, verlassen sie jedoch das Zentrum und dringen letztendlich seitlich ins umliegende Gewebe vor. Entweder alle von ihnen, oder nur einige wenige, bleiben jedoch im Zentrum. Daraus wird im wesentlichen der saftführende Teil des Holzkörpers im Stamm gebildet.

22. §. Obwohl diese Markfasern äußerst schlank sind, sind einige von ihnen in manchen Wurzeln sichtbar hohl, wie in der Wasserschwertl und umschließen so ein sehr schlankes Mark. Das kann in einem Wurzelschnittpräparat, das ein, zwei Tage lang im Fenster zum Trocknen ausgelegt wurde, beobachtet werden. Und damit beschließe ich den allgemeinen Bericht über die Wurzel. Mit der Beschreibung ihrer Wuchsformen, sowie den Bedeutungen und Aufgaben ihrer einzelnen Teile werden wir uns jetzt befassen.

23. §. (Ein Bericht über das Wachstum der Wurzel.) Ich kann weiters berichten, daß die Keimwurzel, nachdem sie von Flüssigkeit durchtränkt in die Erde gewachsen ist, sehr leicht die umgebende Feuchtigkeit über den lockeren und schwammigen Rindenkörper aufnimmt. Allerdings nicht wahllos jede Substanz, sondern lediglich jene Stoffe, die für den Transport durch die Kutikula besser geeignet sind. Dieser Saft wird zwar bei der Aufnahme durch die Kutikula gefiltert, ist aber kompliziert zusammengesetzt. Er besteht aus einem Gemisch von Partikeln, die einerseits in der Wurzel ursprünglich vorhanden waren, und andererseits aus solchen, die sich von jenen etwas unterscheiden. Sobald der schlaffe Rindenkörper vollgesogen und von runder Gestalt ist, kommt es zu einer leichten Fermentation. Nach dieser Fermentation werden die einzelnen Fraktionen aufgeteilt. Etwas davon wird in die peripheren Gewebe des Rindenkörpers verlagert, wodurch sich aus der Kutikula die

Haut entwickelt. Genauso, wie wir das Entstehen von Käserinden oder die Bildung einer Haut über verschiedenen Flüssigkeiten und dergleichen beobachten können. Tritt nun Flüssigkeit durch diese Haut, wie durch eine Manica Hippocratis, in den Rindenkörper ein, so wird sie noch feiner filtriert. Der Rindenkörper nimmt diesen Saft auf, solange es seine Spannkraft erlaubt und er dabei seinen Zusammenhalt nicht verliert. Die Zufuhr von neuem Saft geht aber noch weiter: Der reinste und hochwertigste Teil wird mit seinen Tinkturen aus dem bereits genannten Rindenkörper in alle Teile des Holzkörpers verlagert; sowohl in die Teile, die von der Rinde umgeben sind, als auch in jene, die in die Rinde eingebettet sind. Der Holzkörper injiziert gleichfalls seine eigenen Tinkturen in den besagten Saft, der nun seine höchste Veredlungsstufe erfährt, und (so wie es beim Tier genannt wird) zum Lebenssaft oder Cambium wird: Der edelste Teil kommt wie gesagt aus dem Holzkörper und wird zuletzt diesem Saft zugemischt und einverleibt, wodurch eine dem tierischen Lebenssaft ähnliche Substanz entsteht. Der Rest, der nicht mit ihm verbunden, trotzdem aber zugemischt ist, bleibt zurück und wird auf Grund des kontinuierlichen Saftstromes teilweise wieder zurück in den Rindenkörper transportiert, in dem er als wichtiger Nährstoff gespeichert wird. Während die Teile des Rindenkörpers vorher nur locker und ausgeweitet waren, ist der Rindenkörper nun, richtig ernährt, quantitativ und mengenmäßig größer geworden. Er ist mit soviel dieses Lebenselixirs versorgt, wie er braucht. Ein neuerlicher Überschuß dieses Saftes wird weiter in die Haut verlagert, die dadurch ebenfalls ernährt und vergrößert wird. So wie es im Tierkörper aber keinen Aufbau und kein Wachstum von Geweben gibt, die einzig und alleine vom Blut, ohne Beteiligung eines Nervenelixirs ausgehen, so ist es auch hier. Der Saft, der im Rindenkörper vorbereitet wird, ist wie das Blut, und der Teil, der im Holzkörper gebildet wird, ist wie das Nervenelixir, das teilweise Nährstoffe für sich selbst bekommt und sie teilweise wieder an den Rindenkörper zurückgibt. So läßt er seine Tinktur durch den Saftstrom dorthin diffundieren, sodaß auch der erwähnte Rindenkörper und die Haut richtig ernährt werden und nun alle wachsen können.

24. §. Für das Wurzelwachstum ist ein richtiges Verhältnis zwischen Längen- und Breitenwachstum notwendig. Gemessen an den Bedürfnissen einer Pflanze ist das Längenwachstum, sowohl für sicheren Stand, als auch für eine ausreichende Saftaufnahme, grundsätzlich wichtiger. Und für das Längenwachstum wiederum ist der Aufbau eines seiner Teile, nämlich der Aufbau des Holzkörpers ausschlaggebend. Da seine Poren alle in die Länge gedehnt sind, wird sich der Saft grundsätzlich in Abstimmung auf Ausbildung und Form dieser Poren bewegen. Und genauso, wie der Saft geleitet wird, schreitet auch der Aufbau der einzelnen Gewebe fort, nämlich der Länge nach. Zuerst wächst der Holzkörper in die Länge (das ist a priori notwendig), wobei die Rinde auch mitwächst. Denn das, was ernährt wird, wächst; aber was wächst, bewegt sich; deshalb bewegt sich letztlich, was ernährt wird: Der Holzkörper, der zuerst ernährt wird, wird dementsprechend auch zuerst

weiterwachsen. So erhält er und trägt er in sich das Prinzip aller vegetativen Bewegung, also auch das der Rinde. Und so wachsen beide in die Länge.

25. §. Aber so wie der Holzkörper das Prinzip für die Bewegung der Rinde in sich trägt, so beeinflußt die Rinde die Bewegung des Holzkörpers. Wie bei den tierischen Bewegungen, bei denen der Impuls von den Nerven ausgeht. Aber sobald dieser Impuls auf Muskel oder Gliedmaßen übetragen wurde, und sich jene gemäß ihres Aufbaues bewegen, werden die Nerven auf die selbe Weise mitbewegt. Wir vermuten deshalb, daß die maßgebliche Wuchsrichtung des Holzkörpers aufsteigend ist, da seine vorrangige Bewegung das Längenwachstum ist. Nachdem aber, wie in den kleineren Teilen der Wurzel, die Rinde den Holzkörper in Umfang und Menge übertrifft, ist er ihr unbedingt untergeordnet und wird von ihr geleitet. Und damit die Bewegung nicht zum Stillstand kommt, nimmt die Wurzel den Weg, dem sich der Rindenkörper leichter anpassen kann. Das ist die Abwärtsbewegung. Und weil die Rinde und der Holzkörper sehr anpassungsfähig sind, können sie dort, wo der Boden ein direktes Absinken verhindert, in durchlässigere Bereiche ausweichen, und schräg hinunterwachsen. Aus dem selben Grund mag es auch sein, daß sich die Wurzel einer Bohne, die man mit der Radicula nach oben eingesetzt hat, beim Keimen nach und nach in die Form eines Hakens krümmt und letztendlich hinunterwächst. Jede Abweichung von einer senkrechten Linie ist deshalb eine gemischte Bewegung zwischen Auf- und Abwärtswachstum. Wie an der Keimwurzel zu beobachten ist, scheint das Wachstum von den beiden gegensätzlichen Tendenzen des Holzkörpers und des Rindenkörpers bestimmt zu sein. Der Frage nach dem Grund für diese Tendenzen (der wahrscheinlich von außen bestimmt ist und in einer Art von Magnetismus zu suchen ist) werde ich mich allerdings hier nicht weiter widmen.

26. §. Obwohl nun der Holzkörper auf Grund der Lage und der Form seiner Poren prinzipiell in die Länge wächst, wird er bis zu einem gewissen Grad auch in die Breite wachsen. Man kann nicht annehmen, daß der hochwertigste Saft zur Gänze in den Poren enthalten ist. Der Teil, der über das Fassungsvermögen geht, ist mit dem Saft in den Poren vermischt und steht mit ihm in Verbindung. Weil die Poren in die Länge gestreckt sind, ist der Zusammenhalt dort lockerer, wodurch es auch leichter ist, den Holzkörper längs zu teilen, wie es beim Aufschlitzen eines Stockes, oder beim Spalten eines Scheites und beim Schneiden und Hacken beobachtet werden kann. So kommt es auch, daß, wenn Gewebeteile, die vom Zentrum in das umgebende Gewebe, in dem mehr Raum ist, vordringen, die bereits beschriebene, ursprüngliche Lockerheit des Gewebes in bestimmten Bereichen noch verstärkt wird und letztlich in offensichtlichen Teilstücken gut erkennbar wird. Zwischen diesen Teilstücken senkt sich der Rindenkörper, der auf der einen Seite von Haut und Erde umgeben ist und von der anderen Seite dem Druck des Holzes ausgesetzt ist, ein, und wächst in entgegengesetzter Richtung von der Peripherie zum Zentrum. Während diese gegenläufigen Bewegungen laufend weitergehen, treffen sie letztendlich aufeinander, vereinigen sich und bilden oder vergrößern das Mark. So ist die

Wurzel letztlich aufgebaut und Haut, Rinde und Holzkörper verlaufen, wie bereits gesagt, in ihr gemeinsam. Wir werden uns als Nächstes der Bedeutung der beiden anderen Bereiche, nämlich der Bedeutung der Einsenkungszone und der des Markes widmen; zunächst aber berichten wir über das Mark.

27. §. Der tatsächliche Nutzen des Markes ist der bessere Transport des Saftes, wovon ich im nächsten Kapitel sprechen werde. Die Bedeutung, die ich hier erläutere, ist die schnellere und bessere Fermentation des Saftes. Obwohl die Fermentation im Rindenkörper für die erste Vegetationsphase gut brauchbar war, benötigt die daran anschließende perfektere Fermentation im Stamm einen Körper, der besser dafür geeignet ist, und das ist das Mark. Es ist so wichtig, daß es nicht nur in allen Wurzeln enthalten, sondern in den meisten Pflanzenwurzeln besonders groß ist. Zwar nicht immer in den unteren Teilen, dafür aber stets an der Wurzelbasis. Obwohl das Mark vom Rindenkörper abstammt oder von ihm vergrößert wird, und zwar über seine Einsenkungen, können wir annehmen, daß es ebenso wie diese feiner aufgebaut ist. Und nachdem es nun aus der Umklammerung durch die eingesenkten Teile befreit ist, werden seine Poren durch den nachfließenden Saft mehr oder weniger erweitert werden. Das erklärt, warum der Saft, der darin aufgenommen wird, reiner und seine Fermentation darin aktiver sein wird. Und da das Mark dem Rindenkörper durch seine Beschaffenheit überlegen ist, so trifft das auch bezüglich seiner Lage zu. Da es zentral liegt, wird es vom Holzkörper umgeben. Und so wie die Haut die Umzäunung des Rindenkörpers darstellt und jener die des Holzes ist, so ist der Holzkörper wiederum ein sehr wirksamer Abschluß für das Mark. Der Saft, der hier eine lebhafte Flüssigkeit ist, wird dadurch wie in einem hölzernen Faß eingeschlossen.

28. §. Und so wie das Mark der besseren Fermentation des Saftes dient, so bewirken die Einsenkungen seine reinere Verteilung. Die Aufteilung der Saftfraktionen findet nach der Fermentation im Mark, beim Eintritt in die Einsenkungen statt: So wie die Haut ein Filter für den Rindenkörper ist, sind die Einsenkungen ein wirksamer Filter für das Holz. Sie dienen der reineren, weitreichenderen und ausgiebigeren Verteilung des Saftes: Denn beim Wachstum der Wurzel, das mit dem Dickenwachstum des Holzkörpers einhergeht, mögen zwar Rinde und Mark ausreichend Saft für die Ernährung der unmittelbar angrenzenden Teile bereitstellen, die weiter innen liegenden Teile werden aber notwendigerweise schlechter ernährt. Und so sind diese Teile, wenn sie auch nicht gleich verhungern, doch nicht zu gleichwertigem Wachstum fähig. Deshalb ist der Holzkörper über seine ganze Breite an vielen Stellen vom Rindenkörper, der in ihn eingesenkt ist, durchdrungen, sodaß der Saft über diese Einsenkungen, wie das Blut über die Arterien, reichlich in die verborgensten Teile befördert werden kann. Sogar in jene, die von der Borke oder vom Mark am weitesten entfernt sind. Letztendlich sind die Einsenkungen auch für das Dickenwachstum der Wurzel notwendig. So wie der Holzkörper für das Längenwachstum, sind diese Einsenkungen der Rinde für das bessere Dickenwachstum wichtig.

29. §. Nachdem wir die einzelnen Bedeutungen der verschiedenen Teile der Wurzel gesehen haben, werde ich zuletzt meine Theorien über den Aspekt vortragen, in dem sie alle verbunden sind - und das ist die Zirkulation des Saftes.

30. §. Daß der Saft eine doppelte und deshalb zirkulierende Bewegung in der Wurzel macht, wird einerseits von der Eigenbewegung der Wurzel und andererseits von seiner Aufgabe bedingt. Entsprechend der Abwärtsbewegung der Wurzel muß der Saft eine ebensolche Bewegung durchführen, und seiner Aufgabe entsprechend, nämlich den Stamm zu ernähren, muß er in dem einen oder anderen Teil der Wurzel eine aufsteigende Bewegung erfahren.

31. §. Aus diesen Gründen dürfen wir annehmen, daß der Saft, der sich in der Rinde bewegt und sich durch die Einsenkungen einen Weg zum Mark hin bahnt, bei dieser Bewegung von den basisnahen Einsenkungen nicht unterstützt wird. Aber weil das Mark hier groß ist, mit den Einsenkungen auf gleicher Höhe steht, und die Fermentation und der Transport des Saftes hier schnell sind, kommt es zu einer starken Gegenbewegung. Durch die tiefer liegenden Einsenkungen kann er aber viel leichter eindringen: Hier ist das Mark klein und deshalb die Gegenbewegung geringer. Außerdem sind die Einsenkungen kürzer und dadurch ist der Weg offener. Weil der Saft hier auf den geringsten Widerstand trifft, fließt er von selbst in das Mark (während er auf seinem Weg den Holzkörper ernährt). In das Mark tritt noch mehr unverarbeiteter, frischer Saft ein, der sich hier absetzt, und so zu einer besseren Flüssigkeit veredelt wird, die dann leichter aufsteigen kann. Hier bewegt er sich im Mark, und zwar besonders in den darin verteilten Saftfasern, wie in den Arterien, auf gleicher Höhe mit den oberen Einsenkungen. Und die flüchtigsten Teile des Saftes werden weiter auf direktem Weg in den Stamm aufsteigen. Die mittleren Fraktionen, die weder für einen Aufstieg, noch, da sie leichter sind als die unter ihnen befindlichen, für einen Abstieg geeignet sind, werden zu einer dazwischen liegenden Bewegung vom Mark zu den Einsenkungen hin tendieren. Durch diese Einsenkungen (durch die der Holzkörper vom Saftstrom ernährt wird) wird durch den Druck des nachfolgenden Saftes die Flüssigkeit in den Rindenkörper und somit wieder in die Saftfasern, wie durch Venen, zurückgeleitet. Solange frischer Saft aus dem Zentrum nachfolgt und auch aus der Umgebung aufgenommen wird, fließt er zu den tiefer liegenden Einsenkungen und steigt folglich ab. Durch die Einsenkungen fließt der Saft zusammen mit den Teilen, die frisch aus der Erde aufgenommen wurden, zurück in das Mark. Von dort fließt der Saft in den Rindenkörper, von wo aus sich der unbearbeitete Teil davon wieder in umgekehrter Richtung in das Mark bewegt. Die flüchtigen Teile steigen auf direktem Weg, ohne Unterstützung durch die Zirkulationsbewegung, zum Stamm auf.

Appendix
Über Stamm-Wurzeln und Ranken.

Die verschiedenen Gewebe, aus denen sich Stamm-Wurzeln und Ranken zusammensetzen sind die gleichen wie beim Stamm und stellen nur ihre Fortsetzung dar.

1. §. Es gibt zwei Arten von Stamm-Wurzeln: Die einen wachsen direkt nach unten. Sie brechen manchmal entlang des ganzen Stammes hervor, wie bei Minze &c.; und manchmal nur aus einem Punkt, wie bei der Brombeere.

2. §. Die andere Art von Stamm-Wurzeln steigt nicht auf und sinkt nicht ab, sondern bricht in einem rechten Winkel zum Stamm hervor: Von ihrer Aufgabe her sind diese Stamm-Wurzeln richtige Wurzeln, von ihrer Beschaffenheit aber sind sie ein Mittelding zwischen Wurzel und Stamm.

3. §. Obwohl es nur eine Art von Ranken gibt, haben diese eine zweifache Bedeutung. Sie sind kein Mittelding zwischen Wurzel und Stamm, sondern aus beiden zusammengesetzt, wie an ihren Windungen, die abwechselnd aufwärts und abwärts gehen, zu erkennen ist.

4. §. Der Zweck dieser Organe kann an kletternden oder kriechenden Stämmen beobachtet werden. Beim kletternden Stamm dienen sie sowohl als Stützorgan, als auch dem Nachschub von Nährstoffen. Zur Unterstützung sind Ranken beim Wein zuständig: Da seine Äste sehr lang, zerbrechlich und schlank sind, würden sie, wenn sie nicht durch Ranken gestützt würden, unter ihrem eigenen und dem Gewicht der Früchte unweigerlich umfallen und abgesehen davon auch häufig brechen. Und so wird die Pflege zwischen dem Gärtner und der Natur aufgeteilt: Der Gärtner sichert mit seinen Lederbändern die Hauptäste, und die Natur sichert mit den ihr zur Verfügung stehenden Mitteln die Nebenäste. Der Vorteil dieser Einrichtung liegt in den Windungen der Ranken, eine Bewegung, die kein anderer Pflanzenteil macht, aber auch in ihrer Festigkeit, die sie besitzen, obwohl sie viel schlanker sind als die Zweige, an denen sie hängen.

5. §. Die Ranken der Zaunrübe wachsen nach ca. jedem dritten Kreis gegenläufig zurück, und formen so eine Doppel-Ranke. Wahrscheinlich um einen sichereren Halt zu gewährleisten, denn, falls die Ranken den einen Weg verfehlen, ist damit sicher gestellt, daß sie einen anderen nehmen können.

6. §. Die Nachschubfunktion beobachten wir bei den Stamm-Wurzeln von Efeu. Weil er sehr hoch hinaufklettert und einen engeren und kompakteren Aufbau hat als der Wein, könnte nicht genug Saft zu den oberen Sprossen transportiert werden, wenn sie nicht gemeinsam mit der Mutter-Wurzel diese Funktion ausüben würden. Allerdings dienen sie auch als Stützorgan. Sie treiben nicht wie Kresse, Bachbunge &c.,

an gegenüberliegenden Seiten aus, sondern generell alle an einer Seite, um so an der nächst gelegenen Stelle Halt finden zu können.

7. §. Beim kriechenden Stamm dienen diese Organe zur Festigung, Ausbreitung und zur Beschattung. Die Ranken der Gurke sind gut zur Festigung geeignet. Weil Stamm und Äste lang und zerbrechlich sind, würden sie starke Windstöße hin und her reißen und sie und ihre zarten Früchte beschädigen, wenn sie nicht durch diese Bande guten Halt und Festigung erfahren würden.

8. §. Zu diesem Zweck, aber auch zur Verbreitung eignen sich die Stamm-Wurzeln der Kamille gut. Die Begründung dafür finden wir in der allgemein gültigen Beobachtung, nach der das Wachstum verbessert wird, wenn man dort, wo die Erde zu locker ist, darauf tritt. Dadurch werden die neu gesetzten Stamm-Wurzeln nun besser mit Erde bedeckt. Der gleiche Effekt wird auch manchmal durch das Walzen des Getreides erreicht.

9. §. Allen beiden Zwecken dienen die Stamm-Wurzeln der Erdbeere. Zusätzlich verschaffen sie, zur Freude aller Erdbeeren, der Pflanze Beschattung, welche durch ihre kriechende Lebensweise erzielt wird. So wie wir gewohnt sind, die dünnen Zweige eines Baumes zu verwickeln, um einen künstlichen Baum daraus zu formen, wird dasselbe hier gemacht, allerdings, um einen natürlichen Baum zu formen. Genauso, wie es auch durch die Ranken der Gurke geschieht. Die Äste, die bei den einen durch Zusammenwickeln der Ranken und bei den anderen durch Verflechten der Stamm-Wurzeln nachgeformt werden, werden dabei miteinander verbunden. So liegen ihre zarten Früchte im Schatten einer Laube, die aus den eigenen Blättern angefertigt wurde.

THE

ANATOMY
OF
ROOTS;

Preſented to the ROYAL SOCIETY at ſeveral times, in the Years, 1672 & 1673.

With an Account of the

VEGETATION OF ROOTS,

Grounded chiefly hereupon.

The SECOND BOOK.

By *NEHEMJAH GREW* M.D. Fellow of the *Royal Society*, and of the *College* of *Phyſicians*.

The Second Edition.

LONDON,

Printed by *W. Rawlins*, 1682.

N 2

TO THE

Right Honourable

WILLIAM

Lord Vi-Count *BROUNCKER*

THE

PRESIDENT

AND TO THE

Council and Fellows

OF THE

ROYAL SOCIETY.

MY LORD,

IF the Dedication of *Books* were not in uſe; yet here, I think, I might have been a Precedent. The promotion of *Phytological Science* is one Part of *Your* Work; and 'tis *You* have called me to the management of this Part; for ſome time, have intruſted me herein; and by *Your* moſt favourable and candid acceptance of what I have performed thus far, have encouraged me hereunto: I therefore preſent but *Your* Own, into *Your* Hands.

The great Honour and Advantage of *Your* Fellowſhip, I firſt obtained, by Mediation of Dr. *Wilkins*, the late moſt Reverend *Biſhop* of *Cheſter*. Whom I cannot name, without ſaying thus much of him, That He was a Perſon

ſon of that eminent and happy Worth, which, as it was too good,to fear envy; ſo is it too great, to need an Elogie.

With Him, it was, *You* were pleaſed to commit to Me, the further proſecution of this *Work*; the Beginnings whereof, were by *Your Order* formerly made publique. Had I conſulted my own Abilities altogether, I ſhould ſcarcely have ventured upon it; ſeeing very little, for which I could think well of my ſelf, ſaving, That I had learned, upon good grounds, to think of *You* with greateſt Honour. But I alſo conſidered, That to inſiſt hereon too much,might be a reflection upon *Your* Judgments,who had thought fit to make choice of Me. And, That *You* were not more the Patrons of Wit, than of Induſtry; and of All, who ſhall endeavour to find out, or to confirm the Truth of Things. Withal, I looked upon *Nature*, as a Treaſure ſo infinitely full; that as all Men together, cannot exhauſt it; ſo no Man, but may find out ſomewhat therein, if he be reſolved to Try.

In compliance therefore with *Your* Commands, I have hereunto devoted a very conſiderable part of my Time. Theſe,adding force to my own Deſires,of being ſomewhat inſtrumental to the Improvement of Medicinal, and other wholeſom Knowledge: if peradventure, as we increaſe herein, we may become better, and more happy. As to which Improvement, though I could not hope; yet, I would not diſpair. I have already prepared the Soil, and made ſome Plantation: what remaineth behind, and the Vintage of the whole, will depend much upon the continued Influence of *Your* Beams: for how unpromiſing ſoever the Stock may be; yet the Fruit cannot but be ſomewhat matured, upon which *You* are pleaſed to ſhine. I am alſo confident, that the ſame Nobilty and Goodneſs, which accept the endeavours, will likewiſe pardon the faults, of,

My Lord,

Your Lordſhips moſt humbly

and moſt ſincerly

devoted Servant

September 1. 1673.

NEHEMJAH GREW.

THE

THE CONTENTS.

The FIRST PART.

CHAP. I.

CHAP. II.

CHAP. III.

CHAP. IV.

CHAP.

The Contents.

CHAP. V.

The SECOND PART.

THE

THE ANATOMY OF ROOTS;

PROSECUTED
With the bare EYE,
AND WITH THE
MICROSCOPE.

PART I.

CHAP. I.

Of the ORIGINAL, FIGURES, MOTIONS, and AGES of ROOTS.



EING TO ſpeak of *Roots*; it is requiſite, for our better underſtanding of what follows, that ſome things, as to their *Original*, *Figures*, *Motions* and *Ages*, be premiſed.

1. §. *Roots*, taken altogether, have a Three-fold Original. Either from the *Radicle*; as all *Roots* which come of the *Seed*: or from the *Trunk* or *Caulis*, above ground; as in *Strawberry*, *Chamæmile*, and many other *Creepers*: or from the *Trunk* or *Caulis*, after it is ſunk under ground; as in *Primroſe*, *Biſtort*, and many others; and preſently ſhall be ſhewed how.

2. §. In the Growth of a *Bud*, and of a *Trunk-Root*, there is this obſervable difference; That the former, carries along with it, ſome portion of every *Part* in the *Trunk* or *Stalk*; whereof it is a *Compendium*. The latter, always ſhoots forth, by making a Rupture in the *Barque*, which it leaves behind, and proceeds only from the inner part of the *Stalk*.

3. §. As alſo, That in a *Bud*, the *Lignous Part* is ſpread abroad, ſo as to encompaſs a *Pith*. Whereas in a *Trunk-Root*, it makes a ſolid Thred ſtanding in the Center. Which is the Cauſe of its deſcending into the Ground: as is already, in the *Firſt* Book, and ſhall in This be further ſhewed.

4. §. ROOTS are generally diſtinguiſhed, as to their *Figures*, in being more Entrie, as is that of *Liquiriſh*; or Parted, as of St. *Johns-wort*. Parted or Forked, either at the Bottom, as moſt *Roots*; or at the Top, as *Dandelyon*, and ſome others. A thing very odd, and unintelligible, without the knowledge of the *Motions* of *Roots*; whereof preſently.

5. §. Parted, again, are either Ramified, as that of *Cumfry*; or Manifold, as of *Crowfoot*: both are Parted; but the former, by the ſubdiviſion of greater *Branches*, into leſſer; theſe, when divers *Strings*, have all their diſtinct original from one *Head*. Some are Straight, as a *Radiſh*; others Crooked, as *Biſtort*. Smooth, as *Bugloſs*; or Stringy all round about, as *Columbine*. And to *Carnations*, this ſeems to be peculiar, That ſometimes many of the *Strings* run parallell with the *Wood* of the great *Root*, through the *Barque*, or betwixt the *Wood* and the *Barque*.

6. §. Again, ſome are Thick, as *Rhubarb*; Slender, as the *Vine*. Long, as *Fenil*; Short, as a *Turnep*: which are diſtinct from Great and Little; in that theſe, are ſo called with reſpect to ſeveral *Roots*; thoſe, with reſpect to the ſeveral Dimenſions of one. Short, are Stubbed, as *Iris tuberoſa*; or Round, as *Dracontium*. Round are Tuberous, or Simply Knobbed, as *Rape-Crowfoot*; Bulbous, that is Scaled, as ſome Lilys; or Shell'd, as an *Onion*. Where note, That all Bulbous *Roots*, are, as it were, Hermaphrodites, or *Root* and *Trunk* both together: for the *Strings* only, are abſolute *Roots*; the *Bulb*, actually containing thoſe *Parts*, which ſpringing up, make the *Leaves* or *Body*; and is, as it were, a Great *Bud* under ground.

7. §. *Roots*, again, are Even or Uneven; Even, are Cylindrical, as *Eryngo*; or Pyramidal, as *Borage*. Growing ſmaller Downwards, as do moſt; or Upwards, as *Skirrets*. Uneven, are Pitted, as *Potato's*, where the *Eyes* or *Buds* of the future *Trunks* lie inward; or Knotted, as *Jeruſalem-Artichoke*; where they ſtand out. Theſe Differences, are alſo Compounded: ſo ſome *Roots* are both Entire and Smooth, as *Peony*; others Entire, but Stringy, as *Clary*: that is, neither Ramifi'd, nor yet Bruſhy, or divided at the Top into ſeverall ſmall *Strings*; but a Single *Root* ſurrounded with many Hairy *Threds*. Some both Plain in ſome parts, and Knobbed in others, as *Filipendula*, *Lilium non bulboſum*, and others.

8. §. Some alſo have two or more *Roots*; and thoſe of one Kind: of which, ſome are diſtinctly faſtend to the bottome of the *Stalk*, as in *Dogſtones*; ſome ſtand one under another, ſo as only the uppermoſt is faſten'd to the *Stalk*, as in *Dragon*, *Crocus*, and others. And there are ſome, which have not only two *Roots*, at the ſame time; but thoſe alſo of two diſtinct Kinds, as in *Biſtort*; one of them, a ſlender ſtrait Cylindrick and horizontall *Root*; the other large and crooked, and bred of the Deſcending *Trunk*; as in ſpeaking next of the *Motions* of *Roots*, will be underſtood, how. All which, with other Differences

by

by Thoſe that undertake the *Deſcriptions* of *Plants*, are accurately to be Noted. But the Differences, above mentioned, will ſerve for our preſent Purpoſe.

9. §. THE MOTIONS of *Roots* are alſo divers. Sometimes Level, as are thoſe of *Hops*, *Ammi*, *Cinquefoyle*; and all ſuch as properly *Creep*. Sometimes Perpendicular, as that of *Parſnep*: Which is different from Straightneſs; for ſome Straight *Roots*, are Level. Both of them are either Shallow or Deep: ſome run Level, and near the *Turf*, as *Woodbind*, *Wild Anenomy*; others lower, as *Dogs-Graſs*. Some ſtrike down, but a little way, as *Stramonium*; others grow deep, as *Horſe-Radiſh*: Which is different from being Long; for many long *Roots*, are Level, as *Hops*.

11. §. Some again Deſcend, as *Tulips*, and other Bulbous *Roots*, which differs from growing only Downwards; in that here, the *Head* of the *Root* is Immoveable; but in Deſcending, the whole *Root* obteineth different Places, running deeper, time after time, into the *Earth*. Some alſo Aſcend, ſometimes, and in ſome part, appearing above ground, as *Turneps*.

11. §. Theſe *Motions* are alſo Compounded; both in reſpect of the ſeveral Parts of the *Root*, and of ſeveral Times. So the main *Root* of *Primroſe*, is Level; the Strings are Perpendicular. The *Roots* of moſt *Seedlings* grow Downward and Upward, or ſhoot out in length at both Ends, at the ſame time. Thoſe of *Biſtort*, *Iris*, and ſome others, grow, in part, both Downward and Upward at ſeveral times: Whence it is, that *Biſtort* is Crooked, with ſome reſemblance to an S, according to its *Name*; And that ſome Parts of *Iris-Root* appear oftentimes above the ground.

12. §. There is alſo another *Motion*, in ſome *Roots*, not heeded; and that is *Contortion*: whereby, without being moved out of their Place, they are Writhed or Twiſted; as a piece of Cloath is, when the Water is wrung out of it; as in *Carduus*, *Sonchus*, and others: whether always I cannot ſay. This *Motion* cannot be noted, without ſtripping off the *Barque*; whereby the *Veſſels* may be ſeen, ſometimes, to make two or three Circumvolutions. This *Motion* ſeems to be governed by the winding of the *Stalk*; and therefore to begin at the Head, and terminate at the Poynt or lower end of the *Root*, which is immoveable.

13. §. BUT ABOVE all the *Motions* of *Roots*, not obſerved, the moſt remarkable is that of DESCENT. Which, although it hath been noted, by ſome *Botanicks*, of *Bulbous Roots*; yet of theſe only: Whereas it is the Property, of a great many more; and thoſe, of very different Kinds; probably, of the far greater number of *Perennial Roots* of *Herbs*; as of *Arum*, *Rape-Crowfoot*, *Valerian*, *Brownwort*, *Bearſfoot*, *Tanſy*, *Lychnis*, *Sampier*, *Primroſe*, *Ammi*, *Avens*, *Wood-ſorrel*, *Iris*, and others. Of all which *Plants*, it is very obſervable, That their *Root* is annually *renewed*, or *repaired*, out of the *Trunk* or *Stalk* it ſelf. That is to ſay, The *Baſis* of the *Stalk* continually, and by inſenſible Degrees, deſcending below the ſurface of the *Earth*, and hiding it ſelf therein; is thus, both in Nature, Place, and Office changed into a true *Root*. Which *Root*, by the continuance of the ſaid

Motion of the *Stalk*, alſo *Deſcends*; and ſo, according to the durableneſs of its Subſtance, becomes a ſhorter or longer *Root*; the Elder or Lower Portion thereof, Rotting off, by the ſame Degrees with the Generation of the Upper, out of the *Stalk*. So in *Brownwort*, the *Baſis* of the *Stalk* ſinking down by degrees, till it lies under Ground, becomes the upper part of the *Root*; and continuing ſtill to ſink, the next year, becomes the lower Part; and the next after that, rots away; a new Addition being ſtill yearly made out of the *Stalk*, as the elder Parts yearly rot away. So in *Dragon*, *Crocus*, and the like, where the *Root* is double; the *Baſis* of the *Stalk*, this year; the next, becomes the Upper-*Root*; after that, the Lower-*Root*; and at the length dies and is conſum'd.

Tab. 5. f. 6, & 7.

14. §. The Demonſtration hereof, is taken, more evidently, from ſome *Roots*, than from others; as from the Level and Knobed *Roots* of *Wood-ſorrel*, *Primroſe*, &c. For the *Leaves* of thoſe *Plants* rotting off ſucceſſively, and the *Baſes* of thoſe *Leaves* gradually deſcending into the Ground; each *Baſis* is thus nouriſhed with a more copious *Sap*, and ſo ſwelled into ſo many thick *Knots*. It may likewiſe be gather'd in ſome, from the like Poſition of the *Veſſels* or Woody Parts, in the *Root*, as in the *Trunk*; as in *Bares-foot*, As alſo, from the *Root* of the *Iris Tuberoſa*: where, although the *Leaves* fall off cloſe to the Surface of the *Stalk*; yet after that is ſunk down, and ſwell'd into a *Root*, the *Seats* of the periſhed *Leaves*, and the Ends of the *Veſſels* belonging to them, are not obſcurely viſible; whereby the *Root* is wrought, as it were, with ſeveral *Seames* and *Prickt-Lines*; the *Seams* ſhewing the ſetting on of the *Leaves*; and the *Pricks*, the Terminations or broken Ends of the *Veſſels*: which ends, are ſtill more apparent, upon the ſtripping off the *Barque*. I conſidered likewiſe, That as among *Animals*, there are many, which are not Bred of *Eggs*, immediately; but are Transformed, one *Animal* into another: So, it is more than probable, That among *Plants*, there are not a few Inſtances of the like *Transformations*; whereof, this is one.

Tab. 5. f. 1, & 2.

Tab. 5. f. 4.

15. §. The *Cauſe* of this *Deſcent*, ſo far as it is dependent on the Inward Conformation of the *Root*, I ſhall ſhew in the following Part. But the Immediate Viſible one, are the *String-Roots*, which this kind of *Trunks* frequently put forth: which, deſcending themſelves directly into the Ground, like ſo many *Ropes*, lug the *Trunk* after them. Hence the *Tuberous-Roots* of *Iris* upon the rotting or fading away of the *String-Roots* hanging at them, ſometimes a little Re-aſcend. Hence alſo the *Shape* of ſome *Roots* is Inverted: For whereas moſt are parted downwards, into ſeveral *Legs*; ſome are parted upwards into divers *Necks*, as *Dandelyon*, and others. For theſe *Roots* ſending forth at the top ſeveral *Trunk-Buds*, the ſaid *Buds* ſucceſſively put forth new, and caſt their old *Leaves*; and continually alſo making their Deſcent, are at length formed into ſo many *Necks*, of three, four, five, or more Inches long, under Ground.

Tab. 5. f. 5.

16. §. HENCE ALſo we underſtand, in what particular way, ſome *Roots* become *Perennial*. Some are wholly ſo, as thoſe of *Trees*, *Shrubs*, and divers other woody *Plants*. Others, in part, or by a new *Progenies* of *Roots*, from the old Head or Body, in the room of thoſe that die yearly, or after a certain Time: as of *Lilium non bulboſum*,

ſum, *Jernſalem Artichoke*, *Potato*, *Dog-ſtones*, *Monks-hood*, *little Celandine*, and others. In which *Plants*, one or more of their *Roots* are firm, the other ſpongy and ſuperannuated; and partly, by the ravine of the *Trunk*, and other younger *Roots*, reduced to a Conſumption and Death.

17. §. With theſe, *Tulips*, and other *Bulbous-Roots* conſort: For the ſeveral *Rindes* & *shells*, whereof chiefly, the *Bulb* conſiſts, ſucceſſively periſh and ſhrink up into ſo many thin and dry *Skins*: betwixt which, and in their Centre, other *Leaves* and *Shells*, being ſucceſſively formed, the *Bulb* is thus perpetuated. In the ſame manner the *String-Roots* alſo ſucceed one another annually. So that at the end of divers Years, although it be ſtill looked upon as the ſame *Individual Root*, yet it is, in truth, Another, as to every particle thereof.

18. §. Laſtly, many other *Roots* are perpetuated by the aforeſaid Deſcent of the *Trunk*; out of which, it is ſtill annually Repaired, as by the gradual periſhing of its lower parts, it is Diminiſhed; as hath been ſaid. Whence alſo we ſee the reaſon of the Rugged and Blunt extremities of theſe, and ſome other *Roots*, as of that *Plant* ſuperſtitiouſly called *Devils-bit*: becauſe the end of it ſeems to be bitten off. Yet doth it not appear ſo originally; but the Lower part thereof rotting off, as the Upper deſcends; the living remainder, becometh ſtumped, or ſeemeth Bitten. Thus far of the *Original*, *Shapes*, *Motions*, and *Ages* of *Roots*. *Tab.* 5, *f.* 3.

CHAP. II.

Of the SKIN.



NEXT proceed to the ſeveral *Parts* whereof a *Root* is Compounded. The outer *Part* of all is the *Skin*; which is common to all *Roots*. 'Tis diverſly Coloured: Whiter in *Skirrets*; Yellow, in *Dock*; Red, in *Potato*; Brown, in *Lovage*; Black, in *Bugloſs*. Its Surface, ſometimes Smooth, as in *Horſradiſh*; Rough, as in *Scorzonera*. And the *Skins* of the ſeveral *Shells* of a *Tulip-Root*, taken up freſh, look as if they were perforated with a great many ſmall holes. 'Tis of various Size; very Thin, in *Parſnep*; ſomewhat Thick, in *Bugloſs*; very Thick in *Iris*. Sometimes it is Opacous, as in *Thiſtle*; and ſometimes Tranſparent, as in *Madder*.

2. §. Every *Root* hath ſucceſſively two kinds of *Skins*: the one, Coëtaneous with the other *Parts*; and hath its original from that which involveth the *Parts* of the *Seed* it ſelf. The other, Poſtnate, ſucceeding in the room of the former, as the *Root* ageth; and is orinated from the *Bark*. So in *Dandelyon*, the old *Skin*, looked upon about the beginning of *May*, ſeems to have been one of thoſe ſeveral

Ring-

Rings, which the precedent year composed the *Cortical Body* of the *Root* : but by the Generation of a new *Ring*, next the *Wood*, is now thrust off and shrunk up into a *Skin*. So also in the *Roots* of *Buglos* Tab. 14, 15. and *Horse-Radish*, as far as the *Bladders* in the former, and the *Vessels* in the latter are Radiated ; the *Cortical Body* seems either annually or oftener, to shrink up into another new *Skin*, as, the old ones fall off. And sometimes, perhaps, as in *Asparagus*, the whole body of the Per- Tab. 10. pendicular *Roots*, except the woody *Fibre* in the Centre, becomes the second *Skin*. So that the wearing away of the old *Skin*, succeeds the derivation of the new one ; as in Descending *Roots*, the Consumption of the Lower *Parts*, doth the Generation of the Upper. Because the *Barque* swells, and grows sometimes faster than the *Skin* can fall off, or give way to it : therefore are the *Roots* of many *Herbs*, Barque-bound, as well as the *Trunks* of *Trees*.

3. §. This *Skin* is usually, if not always, compounded of two Kinds of Bodies : which also is probable of the Coëtaneous. The one, *Parenchymous*, and frequently constructed of exceeding little *Cells* or *Bladders* ; which in some *Roots*, as of *Asparagus*, cut traverse, and viewed through a *Microscope*, are plainly visible. These *Bladders* are Tab. 10. Tab. 14. of different Sizes ; in *Buglos*, larger ; in *Asparagus* less ; and sometimes they coincide and disappear. But in these, and all other *Roots*, even where these *Bladders* appear not, the *Parenchyma* of the *Skin*, is of the same Substantial *Nature*, with that other more vivid and bulky one of the *Bark* : As is manifest, from its being thence Originated ; and alike Conformed, as shall be seen ; and not only adjacent to it, as a Glove is to the Hand ; but continuous therewith, as the parts of a piece of flesh, are one with another.

4. §. OF THIS *Parenchymous Body*, the *skin* consisteth chiefly, but not wholly ; there being many *Lignous Vessels* which are Tubulary, mixed therewith : which, though hardly by the *Microscope*, yet otherwise, is demonstrable. For in tearing the *Skin*, you shall do it more easily by the length, than bredth ; because, by the first way, the continuity only of the *Parenchyma*, is dissolved ; but by the latter, both of this, and of the *Vessels*, these being posited by the length of the *Root* : So that, as by the smalness of the *Bladders* of the *Parenchyma*, the *Skin* is Dense ; so by these *Vessels*, is it Tough.

5. §. Again, if you cut a *Root* traverse, and let it lie by for some time, all the parts, where there are no *Vessels*, shrink below the surface of the cut-end ; but where-ever These are posited, there is no shrinking ; which oftentimes, evidently appears also in the *Skin* : because the said *Vessels*, though, as the *Bladders*, they may coincide ; yet they cannot visibly shorten or shrink up in length ; no more than a *Straw*, whose sides may yet be easily crushed together.

6. §. Further, the *Root* being cut traverse, if, near the cut-end, you very gently press the side of the *Root* with the edge of your Nail, the *Sap* will thereupon arise sometimes from the *Skin* ; in the same manner, as from any other part of the *Root*, where the like *Vessels* are posited. And although the *Sap* may likewise be expressed from the *Pith*, and other *Parts* where sometimes, there are none of these *Vessels* ; yet not without a solution of there continuity ; which here doth not follow ; as appears, from the disappearing of the *Sap*, together with the intermission

termiſſion of the preſſure; the ſaid *Veſſels* then dilating themſelves by a Motion of *Reſtitution*, and ſo ſucking up the *Sap* again.

7. §. Hereunto may be added the Teſtimony of ſight; the very *Veſſels* themſelves, in many *Roots*, coming under an apparent view, and ſtanding in the utmoſt ſurface of the *Root* all round about, as in that of Liquiriſh, Columbine, Scorzonera, and others. Which *Experiments*, I have here, once for all, more particularly ſet down; becauſe I ſhall have occaſion, hereafter, to refer to them.

CHAP. III.

Of the BARQUE.



NEXT WITHIN the *Skin* lieth the *Barque*. 'Tis ſometimes Yellow, as in *Dock*; Red, in *Biſtort*; but uſually, and in *Seed-Roots*, I think, always White. It is derived from the *Seed* it ſelf; being but the extenſion or prolongation of the *Parenchyma* of the *Radicle*; One of the three *Organical Parts* of the *Seed*, deſcribed in the *Firſt* Chapter of the *Firſt* Book.

2. § It is variouſly Sized; ſometimes very Thin, as in *Jeruſalem Artichoke*, *Goats-beard*, and in moſt *Trees*; where it alſo retains the Name of a *Barque* or *Rind*. Sometimes 'tis more Thick, and maketh up the far greateſt protion of the *Root*, as in the String-*Roots* of *Aſparagus*, in *Dandelion*, and others. The thinneſt and the thickeſt are all analogous, and obtain the ſame general Uſes. The degrees of its Size, amongſt all *Roots*, may be well reckoned about Twenty, and ſeen in the following examples, *ſc.* *Beet*, *Dropwort*, *Jeruſalem Artichoke*, Tab. 7, 8, 9. *Orpine*, *Valerian*, *Goats-beard*, *Nettle*, *Brownwort*, *Columbine*, *Celandine*, *Aſparagus*, *Horſe-Radiſh*, *Peony*, *Bryony*, *Eryngo*, *Borage*, *Lovage*, *Dandelion*, *Parſnep*, *Carrot*, *&c.* In the *Root* of *Beet*, ſcarce exceeding a good thick *Skin*: but in a *Carrot*, half the Semidiameter of the *Root*, or above half an Inch over in ſome places: and that of *Dandelion*, ſometimes, in proportion with the *woody Part*, twice as thick: the reſt of Several intermediate Degrees: And to moſt *Roots*, this is common, To have their *Barque* proportionably thicker, at the bottome than at the top.

3. §. IT IS Compounded of two *Bodies*. The one *Parenchymous*; Continuous throughout; yet ſomewhat Pliable without a ſolution of its Continuity. Exceeding Porous; as appeareth from its ſo much ſhrinking up, in drying. The *Pores* hereof are extended much alike both by the length and bredth of the *Root*; therefore it ſhrinketh up, by both thoſe Dimenſions, more equally. And they are very Dilative; as is alſo manifeſt from its reſtorableneſs to its former bulk again, upon its

its infuſion in Water: that is to ſay, *It is a moſt curious and exquiſitely fine wrought Sponge.* Thus much the Eye and Reaſon may diſcover.

4. §. The *Microſcope* confirms the truth hereof, and more preciſely ſhews, That theſe *Pores* are all, in a manner, Spherical, in moſt *Plants*; and this *Part*, an Infinite Maſs of little *Cells* or *Bladders*. The ſides of none of them, are Viſibly pervious from one into another; but each is bounded within it ſelf. So that the *Parenchyma* of the *Barque*, is much the ſame thing, as to its Conformation, which the Froth of *Beer* or *Eggs* is, as a fluid, or a piece of fine *Manchet*, as a fixed Body. The Sides alſo of theſe *Bladders* are as tranſparent, as thoſe of Water; or the Bodies of ſome *Inſects*.

Tab. 10, & *ſequent.*

6. §. But their Size is uſually much ſmaller; and their Poſture more Regular than thoſe in *Bread* or *Water*. In all *Roots* they are ſo ſmall, as ſcarcely, without the *Microſcope*, to be diſcerned: yet are they of different Size, both in the ſame, and in divers *Roots*; the varieties whereof, amongſt all *Roots*, may be reduced to about Ten or Twelve according to the *Standard*, in *Tab.* 11. Some of thoſe in *Dandelion*, being of the Smalleſt; and in *Bugloſs*, of the Greateſt. They are poſited, for the moſt part, at an Equal Height; and piled evenly one over another: So that, oftentimes, they viſibly run in Ranks or trains, both by the length and breadth of the *Roots*, as in the *Root* of *Bugloſs*, or of *Dandelion*, ſplit through the middle, may be ſeen. Although they are uſually Spherical, yet ſometimes, and in ſome places, they are more oblonge, as in the outward part of the *Barque* of *Bugloſs*. Theſe *Bladders*, are ſometimes beſt ſeen, after the *Root*, being cut traverſe, hath layn by a while, to dry.

Tab. 13, 14.

Tab. 14.

6. §. They are the Receptacles of *Liquor*; which is ever Lucid; and I think, always more Thin or Watery. They are, in all *Seed-Roots*, filled herewith; and uſually, in thoſe alſo which are well grown, as of *Borage*, *Radiſh*, &c.

7. §. THIS *Parenchymous Part*, in many *Roots*, is of one Uniform *Contexture*; as in *Aſparagus*, *Horſ-Radiſh*, *Peony*, *Potato*, and others. In many others, it is, as it were, of a Diverſified *Woof*; the *Bladders* being, though every where Regular, yet either in Shape, Size, or Situation, different in ſome Parts hereof, from what they are, in other intermediate ones. For theſe Parts, are like ſo many White *Rays*, ſtreaming, by the Diameter of the *Root*, from the inward Edge toward the Circumference of the *Barque*; as in Lovage, Melilot, Parſnep, &c. cut tranſverſly, is apparent. They are, though not in direct Lines, continued alſo by the length of the *Root*; ſo that they are, as it were, ſo many *Membrances*, by which the other Parts of the *Barque*, are diſterminated.

Tab. 8, 9.

8. §. The Continuation of theſe Diametral *Rays*, or *Portions*, is divers: ſometimes, but half through the *Barque*, or ſomewhat more, or leſs, as in *Melilot*. And it is probable, that to the *Roots* of all or moſt *Treſoyls*, and alſo of the *Leguminous* Kind, this is proper, To have their Diametral *Rays* come ſhort of the Circumference. Sometimes, they run quite through to the very *Skin*, as in *Lovage*. And I think, in the *Roots* of all Umbelliferous *Plants*: In which therefore, the *Skin* ſeems to have a cloſer Communion with the Diametral *Rays*, and to be originated eſpecially therefrom. They uſually ſtand at an Equal Diſtance in the ſame *Root*: But with reſpect to divers *Roots*, their Diſtance

Tab. 9.

Tab. 8.

ſtance varies; ſo leſs, in *Parſnep*, greater in *Bugloſs*. They are commonly Rectilinear, as in *Lovage*; but ſometimes winding to and fro, as in a *Carrot*. Tab. 7, 8. Tab. 8.

9. §. They are not always of one Size: in a *Carrot* near the Inner Edge of the *Barque*, exceeding Slender, and ſcarcely diſcernable; in others, Thicker, as in the Three greater ones of *Melilot*, and in common *Chervil*. Both by their Diſtance, and Size, they are alſo leſs or more Numerous; ſome, only as they are nearer; ſome, as ſmaller; others, as both. And 'tis proper, I think, to the *Intybous* kind, either to have none, or but a few. Sometimes they are of the ſame Thickneſs quite through the *Barque* from edge to edge, as in *Marſh-Mallow*. And ſometimes are conſiderably ſpread or dilated as they aproach the *Skin*, wherewith they are joyned, and whereinto they more viſibly run, as in *Parſley*, or the ſmaller part of the *Root* of *Lovage*. And in ſome *Roots*, as of *Scorzonera*, at ſome times of the year, when leſs ſucculent, almoſt the whole *Parenchyma* ſeems to be of the Nature of the Diametral *Rays*, in other *Roots*. The *Bladders* of theſe Diametral *Portions*, are ſometimes, greater than thoſe of the other *Parenchymous Parts*, as in *Parſley*; and I think ſometimes leſs. Yet as there, ſo here, variouſly ſized; to about ſix or eight Degrees; and thoſe of *Parſley* about the third, fourth, and fifth. Their Figure is Sometimes more oblong; and their direction or reſpect more towards the Center of the *Root*. Tab. 8, 9. Tab. 7. Tab. 8.

11. §. As the other *Parenchymous Parts* of the *Barque*, are the Receptacles of *Liquor*; ſo theſe, (where they are) of *Aer*. This is argued, From their being more White, and not Tranſparent, as ſuch *Roots* and *Parts* uſe to be, which are more copiouſly and equally filled up with *Liquor*: as the *Pith* of *Elder*, which, in the old *Stalks*, is White; was once, and by being well ſoaked, will become, again Tranſparent. And from their being more dry and voyd of *Liquor*; whereupon their *Bladders*, which cannot be Vacuities, muſt be filled with more or leſs *Aer*, mixed with the *Sap* or the *Vaporous* parts thereof. This is more obſervable in thoſe Diametral *Portions*, which terminate upon, and run into the *Skin*.

12. §. THE BARQUE is not only of a divers *Woof*, but as is ſaid, of a Compounded Subſtance; there being a certain number of *Lignous Veſſels*, fewer or more, in ſome place or other, mixed with the *Parenchymous Part* above deſcribed; and ſome way or other, are demonſtrable in all *Roots* As by the Toughneſs of the *Barque*, when pulled by the length. By the viſible Continuation of the ſaid *Veſſels* through the length of the *Barque*, in the reſemblance of ſmall *Threds*. And by the riſing up of the *Sap* in the traverſe cut of the *Root*, in ſuch places of the *Barque*, where theſe *Threds* terminate: as the exiſtence of the ſame *Veſſels* in the *Skin*, was proved in the *Precedent* Chapter. Tab. 6.

13. Theſe Tubulary *Threds*, run not through the *Barque* in direct lines; but are frequently Braced together in the form of *Net-Work*; The *Parenchymous Parts* every where filling up the ſpaces betwixt the Braced *Threds*; as in *Burnet*, *Scorzonera*, &c. the *Barque* being paired or ſtriped off, is apparent. Tab. 6.

P 14. §.

14. §. They ſeem, at firſt, where they are Braced, to be Inoſculated; ſo as to be pervious one into another. But a more accurate view, eſpecially aſſiſted by a *Miſcroſcope*, diſcovers the contrary. Neither are they woun'd any way one about another, as Threds are in a Rope: nor Implicated, as in ravled Yarn, or the Knots of a Net: but only contiguous or ſimply Tangent, as the ſeveral Chords in the Braces of a Drum: being thus joyned together by the *Parenchymous Parts*, as in ſpeaking of the *Pith*, will be underſtood how. Yet do not always the ſame *Threds* belong and keep entire to one *Brace*; but are freqnently parted into leſſer *Threds*; which are tranſpoſed from *Brace* to *Brace*. Nor do they always, in whole or in part, preſently after their contingence, mutually fall off again; but, oftentimes, run along collaterally joyned together for ſome ſpace.

15. §. Theſe *Braces* are of various number in divers *Roots*; more *Tab. 6.* frequent in *Jeruſalem Artichoke*, leſs in *Scorzonera*, more rare in *Cumfry*. The *Threds* likewiſe are variouſly Divaricated; ſometimes more, where the *Braces* are frequent, as in *Jeruſalem Artichoke*; and ſometimes leſs, where the *Braces* are rare, as in *Scorzonera*, *Dandelion*: And in all *Roots*, more frequent towards the Inner Verge of the *Bark*.

16. §. By what is ſaid, it is partly implied, That theſe *Threds*, are not Single *Veſſels*; but a *Cluſter* of them, Twenty, Thirty, or more or fewer of them together. Yet as the *Threds* are not Inoſculated in the *Braces*; ſo neither are the *Veſſels*, in the *Threds*. Nor yet Twiſted; but only ſtand collateral together; as the ſeveral Single *Threds* of the *Silkworm*, do in Sleave-Silk. Neither are theſe *Veſſels* pyramidal, ſo far as the *Glaſs* will diſcover; or, from probable Reaſon, may be conjectured. Nor Ramified, ſo as to be ſucceſſively propagated one from another, after the manner of the *Veins* in *Animals*: but Cylindrical, and Diſtinctly continued, throughout the length of the *Root*; as the ſeveral *Fibres* in a *Tendon* or *Nerve*.

17. §. THESE VESSELS are either themſelves of divers kinds, or ſerve, at leaſt, to conſtitute divers Kinds, in divers *Roots*: of the different Natures whereof, although there may be other ways whereby to judge; yet ſo far as by Inſpection, we may do it, chiefly, by the Diverſity of thoſe *Liquors*, which they ſeverally contain. Sometimes they yield a *Lympha*; and that Thin, as they do in a *Parſnep*; eſpecially thoſe that make a *Ring*, at the inward extremity of the *Bark*. See the Root it ſelf. That this Clear *Sap* aſcendeth only from theſe *Veſſels*, is certain. Becauſe no *Liquor* will do the like, from any *Parenchymous Part*, as *Chap.* 2. hath been ſaid. And becauſe it is of a different nature from the *Sap* contained in the *Bladders* of the *Parenchyma*; although of the ſame *Colour*, yet ſenſibly more *Sweet*.

18. § Sometimes they yield a Thick and Mucilaginous *Lympha*, as in *Cumfry*, as appeareth by its tenacity. From the Mucilaginous *Content* of theſe *Veſſels* it is, I ſuppoſe, that the *Sap* contained in the *Bladders* is rendred of the like nature, ſo far as it approaches hereto, which ſometimes is more, as in *Marſh-mallow*; and ſometimes but little as in *Borage*: For in preſſing out the *Liquor* of this *Plant*, and then heating it over an indifferent fire; the far greater part hereof remaineth thin; only ſome certain ſtrings and little bits of a gellied ſubſtance are mixed herewith; which as it ſeems, were originally the proper *Liquor* of theſe *Muciducts*. 19. §.

19. §. Oftentimes these Succiferous *Vessels* yield a *Milky* or White *Sap*; and sometimes Yellow, and of other colours as in *Sonchus*, and most *Cichoraceous Plants*; in *Angelica*, and most *Umbelliferous*; in *Burdock*, and divers *Thistles*, to which that is 'akin: in *Scorzonera*, *Common Bells*, and many other *Plants*, not commonly taken notice of to be *milky*. The *Milky Saps* of all which, although they differ in Colour, Thickness, and other Qualities; yet agree, in being more *Oyly* than any of the *Lymphous Saps*. It being the mixture of the *Oyly* parts with some other Limpid *Liquor*, but of a different Nature, which causeth them to be of a *Milky*, or other *Opacous* Colour, in the same manner as common *Oyl*, and a strong *Liquamen* of Tartar, shaked in a Bottle together, presently mix into a White *Liquor*. And although they will, for the greatest part, separate again; yet some of their parts, without any Boiling, or so much as the least Digestion with Heat, by Agitation only, or standing together for some time, incorporate in the form of a Thin *Milky-Sope*, which will also dissolve in *Water*. I suppose, therefore, That it is the *Volatile Salt*, chiefly, of these *Plants*, which being mixed with their *Oyl*, renders this *Liquor* of a White or other Opacous Colour.

20. §. Sometimes the *Oyl* will separate and discover it self: for if you cut a *Fenil-Root* traverse, after it hath layn some days out of the Ground; the same *Vessels*, which, in a fresh *Root*, yields *Milk*; will now, yield Oyl: the watery parts of the *Milk*, which in the drying of the *Root* are more evaporable, being spent.

21. §. All *Gums* and *Balsams* are likewise to be reputed the proper *Contents* of these *Vessels*: for These and *Milks*, are very near akin. So the *Milk* of *Fenil*, upon standing, turns to a Clear *Balsam*; of *Scorzonera*, *Dandelion*, and others, to a *Gum*. In the dryed *Root* of *Angelica*, &c. being split, the *Milk*, according to the Continuation of these *Vessels*, appeareth, as Blood clodders in the *Veins*, condensed to an hard and shining *Rosin*. And the *Root* of *Helenium* cut transversely, presently yields a curious *Balsame* of a Citrine Colour, and sometimes of the Colour of *Balsame* of *Sulphur*. I call it a *Balsame*; because it will not dissolve in Water. Yet not a *Terebinth*; because, nothing near so viscid or tenaceous as that is. But the *Root* of Common *Wormwood*, bleeds, from large *Vessels*, a true *Terebinth*, or a *Balsame* with all the defining properties of a *Terebinth*; although that word be commonly used only for the Liquors of some *Trees*.

Tab. 9.

Tab. 10 E.

22. §. There is yet another kind of *Sap-Vessels*, which may be called *Vapour-Vessels*; as in *Docks*, at least some of them. For by the *Sap-Vessels* it is, that the *Barques* of *Roots* do *Bleed*. Of which, some Bleed quick and plentifully, as the *Umbelliferous* and the *Cichoraceous* Kinds. Some, very slowly and scarce visibly, as all or most *Trefoyls*, and of the *Leguminous* Kind. And some seem not to *Bleed*, as the *Dock*. Yet that this *Root*, hath also *Vessels* distinct from those that carry *Aer*; doth partly appear, from the different Colour they produce where they stand; as will better be understood anon, in speaking of the Causes of the *Colours* of *Roots*. As also from the Toughness of the *Barque*, in pulling it by the length; neither the *Parenchyma*, nor the *Aer-Vessels*, being of themselves *Tough*. But because the *Succus* or *Sap* they carry, seems to be a kind of Dewy *Vapour*, therefore, they may not improperly be called *Roriferous* or *Vapour-Vessels*.

P 2 23. §.

23. §. THE *Sap-Vessels*, are not only of divers Kinds, in divers *Roots*, but in the same. Whether in all, I doubt: but in some it is certain they are: For if you cut a *Fenil-Root* traverse, both *Milk* and *Limpid Sap*, will presently ascend, and, upon accurate inspection, appear thereupon dinstinctly. So the *Roots*, both of *Trachelium* and *Enula*, Bleed both a *Lympha*, and a Citrine *Balsame*: and *Wormwood*, both a *Lympha*, and a *Terebinth*, at the same time. So also the *Root* of *Dandelion* being cut in *November*, seems to bleed both a *Milk* and a *Lympha*; the latter being drowned by the former at another time when it is more copious. Whether all *Roots* have *Lymphæducts*, is doubtful; but 'tis most probable, that they have, more or fewer; standing, for the most part, in a *Ring*, at the Inner Verge of the *Barque*: the *Sap* whereof, I suppose, is so far of common Nature in all *Roots*, as to be Clear, and less Oily.

Tab. 9.

24. §. THE Quantity of these *Vessels* is very different: In *Borage*, *Peony*, *Bistort*, but few; in *Asparagus*, fewer: in *Parsnep*, *Celandine*, many; in *Fenil*, *Marsh-mallow*, many more: and betwixt these extreams, there are many Degrees, as by comparing the *Roots* of *Horse-Radish*, *Turnep*, *Briony*, *Skirrets*, *Parsley*, *Goats-Beard*, and as many more as you please, may be seen. Amongst the several Sorts of *Docks*, they seem in *Patience*, to be the fewest; in *Red-Dock*, the most numerous. There are two ways of judging of their Number; Either as their Extremeties are visible upon the traverse cut of the *Barque*; or as the *Barque* is diversly Brittle or Tough; being so, from the various Number of these *Vessels* therein, as in the *Second Chapter* hath been said.

Tab. 7, 8, 9.

25. §. The Quantity of the ascending *Sap*, is a doubtful argument, whether of the Number, or Size of these *Vessels*. For it is common to most *Milky-Roots*, for the *Milk* to ascend more copiously: yet in some of them, the *Vessels* seem, in proportion with the *Parenchymous Part*, not to be so numerous, as in some other *Roots*, where the ascending *Sap* is less; as by comparing the *Lacteals* of *Dandelion*, and the *Lymphæducts* of *Fenil* together, may appear: so that it should seem, that the bore of the *Lacteal Vessels*, is greater than that of the *Lymphæducts*.

26. §. THE Situation of these *Vessels*, as they appear, even to the naked Eye, in the transverse Section, is Various and Elegant. Sometimes they are posited only at the Inner Edg of the *Barque*, where they make a Ring, as in *Asparagus*. In which place and position, they stand in most, if not in all, *Roots*, how varioullly soever they are posited also otherwise. The Common *Crow-Foot* with numerous *Roots*, hath a *Ring* of *Sap-Vessels* next the *Skin*. So the *Barque* of *Monks-Hood*, is encompassed with a transparent *Ring* of *Sap-Vessels*. The *Ring* is either more Entire, as in *Eryngo*, *Brown-Wort*, *Valerian*, *Hop*, *Madder*, &c. Or it is a Prick'd *Ring*, as in *Buttyr-Bur*. Sometimes they are chiefly postur'd in a Prick-Ring, towards the outward part of the *Barque*, as in *Peony*: and some *Roots* are pricked all over the *Barque*, as of *Melilot*. In others, they stand not so much in Pricks, as Portions or *Colums*, as in *Cumfry*-

Tab. 7, 8, 9, & 10.

27. §.

27. §. In others, again, they all ſtand in more continued Lines, either Rays or Diametral, as in *Borage*; or Peripherial, as in *Celandine*. The *Vaſcular* Rays are not equally extended in all *Roots*: in *Parſnep*, towards the Circumference of the *Barque*; in *Bugloſs*, about half way. In all *Docks*, and *Sorrels*, the *Rays* are extended through about ⅘ of the thickneſs of the *Barque*, towards the Circumference, whereabout, divers of them are always *arched* in, two and two together. In all or many *Trefoyls*, and of the *Leguminous* Kind, they are extended through no more than ⅓d of the *Barque*. In the *Umbelliferous*, they are Ralled in betwixt the Diametral *Portions* of the *Parenchyma*. In *Borage*, the Rays are more Continuous; in a *Carrot*, more Pricked. Here alſo the Pricks ſtand in Even Lines; in *Lovage*, they are Divaricated. Of which, and thoſe of ſome other *Roots*, it is alſo Obſervable, That they are not all meer Pricks, but moſt of them ſmall, yet real Circles; which, after the *Milk* hath been frequently licked off, and ceaſeth to aſcend, are viſible, even without a *Glaſs*. And note, that in obſerving all *Milk-Veſſels*, the *Milk* is to be taken off, not with the Finger but the Tongue; ſo often, till it riſeth no more, or but little. And ſome *Roots* may alſo be ſoaked in Water; whereby the Poſition of the *Milk-Veſſels*, will be viſible by the darker Colour of the *Barque*, where they ſtand. *Tab.* 7, 8, 9. *Tab.* 8.

28. §. The Rays ſometimes, run more Parallel, and keep ſeveral, as in *Monkſhood*; and ſometimes, towards the Circumference of the *Barque*, they are occurrent; as not only in *Docks*, but other *Plants*: In *Eryngo*, in a termination more Circular; and in *Bryony*, angular, or in the form of a *Glory*, as alſo in *Horſradiſh*, through a *Microſcope*. The Peripherial Lines are in ſome, more entire Circles, as in *Dandelion*; in others, made up of ſhorter Chords, as in *Potato*, *Cumfry*, and the ſmaller part of the *Root* of *Monks-hood*. In ſome, the Pricks are ſo exceeding ſmall, and ſtand ſo cloſe, that, to the bare eye, they ſeem to be continous *Rings*, which yet, through the *Microſcope*, appear diſtinct, as in *Marſh-mallow* and *Liquiriſh*. *Tab.* 7, 8, 9. *Tab.* 15. *Tab.* 12.

29. §. Sometimes Columns and Chords are compounded, as in *Burnet*; Pricks and Chords, in *Potato*; Rays and Rings, in *Monkſhood*; where the Ring is Single. In *Fenil*, there is a double or treple order both of Rays and Rings, the *Lymphæducts* ſtanding in Rays and the *Lacteals* in Rings. And in *Marſh-mallow*, the *Veſſels* are ſo poſited as to make both thoſe kinds of Lines at once.

30. §. In *Celandine*, they ſeem all, to the bare eye, to ſtand in numerous Rings lying even one within another. As alſo in *Dandelion*; in which yet, being viewed through a *Microſcope*, there is an appearance of very many ſmall Rays; which ſtreaming from the Inner Verge of the *Barque*, croſs three or four of the ſmaller Rings, and are there terminated. Whence it ſhould ſeem that *Lymphatick* Rays and *Milky* Rings, are in that *Root*, ſo far mixed together. Only the *Lympha*, being confounded with the *Milk*, cannot be diſcerned. And where the *Milky-Veſſels* are evacuated, or at ſuch Seaſons, wherein they are leſs full, divers *Milky Roots* will yield a clear *Liquor* at the Inner Verge of the *Barque*, where, at other times, they ſeem to yield only *Milk*. And this is the Deſcription of the *Barque*. *Tab.* 13.

CHAP.

CHAP. IV.

Of the WOOD.



HAT Portion of the *Root* which standeth next within the *Barque*, and in *Trees*, and *Shrubby Plants*, is the *Wood*; is also compounded of Two Substantially different Bodies, *Parenchymous* and *Lignous*. The *Parenchymous*, is of the same Substantial Nature with that of the *Barque*. And is originated from it; being not only adjacent to it, but all round about continuous therewith; even as that, is with the *Skin*; the *Parenchyma* of the *Barque*, being distributed, from time to time, partly outward into the *Skin*, and partly inward, into the *Wood*.

2. §. The Position of the several parts hereof, is different. For the most part it hath a Diametral Continuation, in several Portions, running betwixt as many more of the *Lignous*, from the Circumference towards the Center of the *Root*: all together, constituting that, which in the *Second Chapter* of the *First* Book, I call the *Insertment*. In the *Roots* of many *Herbs*, these Diametral or Inserted Portions are more observable, as in *Cumfry*; which leadeth to the notice of them in all others, both of *Herbs* and *Trees*. Sometimes part of this *Parenchymous* Body is disposed into *Rings*, as in *Fenil*. The Number and Size of which Rings differ: In *Fenil*, when the *Root* is grown large, they are in some places broader, but fewer; in *Beet* they are narrower, but more. The Diametral Portions are here, in like manner, much varied; in *Cumfry*, *Celandine*, larger; in *Beet*, *Bugloss*, meaner; in *Borage*, *Parsnep*, more, and smaller; and in most Woody-*Roots*, streaming betwixt the *Pith* and the *Barque*, as so many small Rays. Their Continuation is also different; in some *Roots*, to the Centre, as in *Columbine*; in others not, as in *Parsnep*. And sometimes different in the same *Root*, as in the *Vine*.

Tab. 9.

Tab. 8, 9.

Tab. 17.

3. §. The Contexture of these *Parenchymous* Portions is sometimes Uniform, as in *Bugloss*, *Peony*; and sometimes also, as it is in the *Barque*, different; in part, more sappy, and transparent; in part, more white, dry, and aery, as in *Carrot*, *Lovage*, *Scorzonera*, and others; which yet cannot be observed without a wary view. But their general Texture is the same being all made up of many small *Bladders*. Which are here of different Sizes, like those of the *Barque*, but for the most part smaller. Their Shape likewise, is usually Round; but sometimes Oblong and Oval, as in *Borage*; or Oblong and Square, as in the *Vine*.

Tab. 17.

4. §. The *Lignous Part*, if not always, yet usually, is also Compounded of Two Kinds of *Bodies*, *scil.* *Succiferous* or *Lignous* and *Aer-Vessels*. The *Lignous* as far as discernable, are of the same Conformation and Nature with those of the *Barque*, and in the transverse cut of

of the *Root*, do oftentimes, as those, emit a *Liquour*. They are also Braced; and many of them run in distinct *Threds* or Portions, collaterally together.

5. §. The *Aer Vessels* I so call, because they contain no *Liquor*, but an *Aery Vapour*. They are, more or less, visible in all *Roots*. They may be distinguished, to the bare Eye, from the *Parenchymous Parts*, by their Whiter Surface; and their standing more prominent, wheras those shrink below the transverse level of the *Root*, upon drying. They are frequently Conjugated divers of them together, sometimes fewer, and for the most part single, as in *Asparagus*; sometimes many, as in *Horsradish*. And their Conjugations are also Braced, as the Threds of the *Succiferous Vessels*. But they are no where Inosculated: nor Twisted one about another; but only Tangent or Collateral. Neither are they Ramified, the greater into less; but are all distinctly continued, as the *Nerves* in *Animals*, from one end of the *Root* to the other. Tab. 10, & 15.

6. §. Their Braces, as those of the *Succiferous Vessels*, are also of various number: in *Jerusalem Artichoke*, *Cumfry*, *Scorzonera*, more rare; in *Borage*, *Burnet*, more frequent; as by stripping off the *Barque* of such *Roots*, where it is easily separable, may be seen. And they often vary in the same *Root*; so in *Borage*, *Scorzonera*, &c. they are more frequent in the Centre, and next the *Barque*, than in the Intermediate space, as by splitting those *Roots* down the middle doth appear. They also vary from those of the *Succiferous Vessels*; those being usually more frequent, as in *Jerusalem Artichoke*, than these of the *Aerial*. Tab. 6. Tab. 6.

7. §. Betwixt these Braced *Aer-Vessels*, and the rest, which make the true *Wood*, run the *Parenchymous Parts* above described; as they do betwixt the *Succiferous* in the *Barque*: and so make up two Pieces of *Net Work*, wherof one is the filling up of the other. Tab. 6.

8. §. The Position of both these Kinds of *Vessels*, is Various. The *Succiferous* or *Lignous*, are sometimes posited in diametral lines or portions; as in the *Vine*, and most *Trees*. Sometimes, oppositely to the *Aerial*, as in *Beet*; each Ring herein being double, and made both of *Sap*-and *Aer-Vessels*. Tab. 17. Tab. 8.

9. §. In *Nettle* the Position is very peculiar, from what it is in the *Roots* of other *Herbs*; being curiously mixed; the *Succiferous* running cross the *Aerial*, in several, *viz.* *Five*, *Six*, *Seven*, or more *Rings*. In *Bryony* the several Conjugations of the *Aerial*, are distinctly surrounded with the *Succiferous*. In *Patience*, the *Succiferous* are disposed, besides Rays, into many small Rings, of different Sizes, sprinkled up and down, and not, as in other *Roots* having one common Centre; within divers whereof, the *Aer-Vessels* are included: especially within those which are drawn, not into *Rings*, but, as it were, into little stragling *Hedges*. Tab. 8. Tab. 7.

10. §. That also of the *Aer-Vessels*, is Various and Elegant: especially in the upper part of the *Root*. In *Ammi*, *Lilium-non-bulbosum*, they make a Ring. In these, a Prick'd-Ring; in *Peony*, a Ring of Rays; in *Valerian*, a Ring of Pricks and Rays. In others, they make not Rings, but longer Rays, extended either towards the Centre, as in *Scorzenera*; or meeting in it, as in *Columbine*. In the Common *Dock*, they stand more in single Rays: in the other *Species* of *Docks*, both in Rays, and collateral Conjugations between. Tab. 7, 8, 9.

11. §

11. §. In *Beet*, they ſtand in ſeveral Rings; and every Ring, made of Rays. In *Cumfry*, the Rays and Rings are ſeparate; thoſe
Tab. 8, 9. ſtand without, theſe next the Centre. In *Dandelion*, they ſtand altogether, and make a little Rope, in the Center it ſelf. In *Geranium*, and others of that Kindred, they make a little Thred, in the ſame place. And in *Skirret*, they ſtand in two Threds, near the Centre.

12. §. In *Celandine*, they ſtand in almoſt parallel Lines. In
Tab. 8, 9. *Monks-hood*, of a wedged Figure; divided in the ſmaller part of the *Root*, into Three little Wedges, with their poynts meeting exactly in the Centre. In *Cinquefoyle*, and *Strawberry*, they are alſo poſtur'd in three Conjugations, triangularly. In the young *Roots* of *Oak*, they ſtand neither in Radiated, nor otherwiſe ſtrait, but Winding Lines. And in *Borage* the poſition, of many of them, is Spiral. As likewiſe, ſometimes, in *Mercury*, or *Lapathum unctuoſum*. In *Horſe-*
Tab. 15. *Radiſh*, they ſtand more confuſed neither in Rings nor in Rays; yet their ſeveral Conjugations, are radiated: with very many other differences.

13. §. The Quantity of theſe *Veſſels*, as to the ſpace they take up in the *Root*, is to be computed Two ways, By their Number, and Size. Their Number may, in ſome *Roots*, and in ſome meaſure, be judged of, by the bare Eye; having, frequently, a whiter ſurface than the other *Parts*. As alſo their Size; the Bore of theſe *Veſſels* being greater than that of the *Lignous* in all *Roots*; eſpecially in ſome. For if you take the *Roots* of *Vine*, *Fenil*, *Dandelion*, *Plum-tree*, *Elder*, *Willow*, &c. and lay them by, for ſome time, to dry; and then, having cut off a very thin Slice of each, tranſverſely; if you hold up thoſe Slices before your Eye, ſo as the Light may be trajected through the ſaid *Veſſels*, they hereby become viſible, as notably different, both in Number and Size.

14. §. But undeceitful and accurate Obſervation of both their Number, and Size, muſt be made by the *Microſcope*; and ſo they will appear to be much more various. In *Biſtort*, *Skirret*, they are very few; in *Beet*, very many: betwixt which extreams there are all Degrees; as in *Orpine*, *Venus Looking-Glaſs*, *Scorzonera*, Great *Celandine*, *Peony*, *Borage*, *Fenil*, &c. may be ſeen. So their Size, in ſome is extream ſmall, as in *Strawberry*, *Biſtort*, *Valerian*; in others very great, as in *Aſparagus*, *Bugloſs*, *Vine*. They are alſo of ſeveral Sizes in one and the ſame Numerical *Root*; but in ſome, are leſs varied, as in *Lilium non bulboſum*, *Aſparagus*, *Bugloſs*; in others, more, as in *Bryony*,
Tab. 10. to the 17. *Lovage*. Amongſt all *Roots*, they vary by about Twenty Degrees; as by comparing the *Roots* of *Vine*, *Thorn-Apple*, *Bryony*, *Lovage*, *Fenil*, Wild *Carrot*, *Saxifrage*, *Parſley*, *Peony*, *Hore-hound*, *Cinquefoyl*, *Strawberry*, &c. together, may be ſeen. Some of thoſe in the *Vine*, being of the greateſt Size; appearing through a good *Glaſs*, at leaſt one Third of an Inch in Diametre: thoſe in *Strawberry*, and that Kind, of the ſmalleſt; moſt of them appearing, in the ſame *Glaſs*, no bigger, than to admit the poynt of a ſmall Pin, according to the Standard, in *Tab.* 12. See alſo the Figures of ſo many of them as are drawn.

15. §.

15. §. In some *Roots*, they are Small, and Few; as in *Jerusalem Artichoke*; in others Small, but Many, as in *Horse-Radish*: in *Bugloss*, they are Great, but Few; in the *Vine*, Great and Many. So that the proportion, which those of a *Vine*, their Number and Size being taken together, bear to those of *Jerusalem Artichoke*, may be, at least, as Fifty, to One. Of the smallest Kinds, as those of *Cinquefoyl*, *Jerusalem Artichoke*, and the like; It is to be noted, That they are scarce ever visible in the fresh Slices of these *Roots*; but after they have layn by a while, at last, by a good *Glass*, Clear Light, and steddy View, are discernable. *Tab.* 11, 14, 15, 17.

16. §. In some *Roots*, the greater of these *Vessels* stand in or next the Centre, as in *Taraxacum*, or *Dandelion*; in others next the circumference, as in *Horse-Radish*. Sometimes each of them is from one end of the *Root* to the other, of a more equal Size, or more Cylindrical, as in *Marsh-mallow*; but usually, they widen, more or less, from the Top, to the Bottom of the *Root*, as in *Thorn-Apple*: about the Top of which, they are, for the most part, but of the Sixth, Seventh, and Eighth, Magnitude; some of the Fifth, but none of the Third; but about the Bottome, they are most of the Third, and Fifth: whence it is manifest, That some of them are, in the manner of *Veins*, somewhat Pyramidal. Yet is it observable, That their ampliation proceedeth not towards, but from their Original, as in *Nerves*. *Tab.* 13, 15.

17. §. Of these *Vessels* Seignior *Malpighi* hath observed; *Componuntur* (saith he) *expositæ fistulæ Zona tenui & pellucida, velut argentei coloris lamina, parum lata; quæ, spiraliter locata, & extremis lateribus unita, Tubum, interius & exterius aliquantulum asperum, efficit.*

18. §. To whose Observation I further add, That the *Spiral Zone*, or *Lamina*, as he calls it, is not ever one Single *Piece*; but consisteth of Two or More round and true *Fibres*, although standing collaterally together, yet perfectly distinct. Neither are these Single *Fibres* themselves *flat*, like a *Zone*; but of a *round* forme, like a most fine *Thred*. According as fewer or more of these *Fibres* happen to break off, from their Spiral location, together; the *Zone* is narrower, or broader: usually, Narrower in the *Trunk*, and Broader in the *Root*.

19. §. Of these *Fibres* I also Observe, That they are not *Inosculated* side to side, but are *Knit* together by other smaller *Fibres*; those being, as it were, the *Warp*, and these the *Woof* of the *Aer-Vessels*. Yet I think the several *Fibres* are not interwoven just as in a *Web*; but by a kind of Stitch, as the several *Plates* or *Bredths* of a Floor-Mat. A clear and elegant sight of these *Fibres*, and of their *Interwestage*, by splitting a *Vine-Root*, or a piece of *Oak*, may, with a good *Glass* in the sides of their Greater *Aer-Vessels*, be obtained; having much of the resemblance of *Close Needle-work*.

20. §. The Spiration of the *Fibres* of these *Vessels*, may more easily be observed in the *Trunk*, than in the *Root*. And better in younger *Plants*, than other. And not so well by Cutting as by Splitting, or by Tearing off some small Piece, through which they *run*: their Conformation being, by this means, not spoiled. Yet this way, the *Vessels* are seen, chiefly, *Unresolved*.

21. §. But in the *Leaves* and Tender *Stalks* of all such *Plants*, as shew, upon breaking, a kind of *Downe* or *Wool*; they may be seen *Resolved* and Drawn out, and that some times even to the naked Eye,

an Inch or two Inches in length. This *Wool* being nothing elſe, but a certain number of *Fibres* Reſolved from their Spiral poſition in theſe *Veſſels*, and Drawn out in Length; and ſo cluſtred together, as ſo many *Threds* or little *Ropes*: appearing thus more or leſs, in the *Leaves* and ſome other *Parts* of moſt *Plants*; but more remarquably in ſome, as in the *Vine*, *Scabious*, and others. As alſo in the Scales of a *Squill*. In which laſt, for example, they are ſo eaſily ſeparable, as further to ſhew, what before was obſerved; *viz.* That the *Plate* or *Zone*, into which the *Aer-Veſſels* are uſually Reſolved, is not one Single Piece, or meer *Plate*; but made up of ſeveral Round *Fibres*, all ſtanding and running parallel, and ſo knit together by other ſmaller ones, tranſverſly, in the form of a *Zone*. For if you break or cut a *Leaf* or *Shell* of a freſh *Squill*, till you come to the *Aer-Veſſels*, and having ſoftly drawn them out, for about an Inch or more (to the naked Eye) in length, you then ſingle out one or two of them from the reſt, and rowl them, as they hang at the *Shell*, eight or nine times round, each *Veſſel* will appear, through a *Glaſs*, to conſiſt of 8, 10, or 12 ſmall *Fibres*; which, in the Unreſolved *Veſſel*, run parallel; but by this means, are all ſeparated one from another. See the *Figures* belonging to the *Third* and *Fourth* Books.

22. §. The Proceſs of their Spiration, is not, ſo far as I have obſerved, accidental, but conſtantly the ſame; *ſcil.* In the *Root*, by *South*, from *Weſt* to *Eaſt*: But in the *Trunk*, contrarily, by *South*, from *Eaſt* to *Weſt*.

23. §. The *Content* of theſe *Veſſels*, is, as hath already been intimated, more *Aery*. The Arguments for which, are, That upon a tranſverſe Cut of the *Root*, the *Sap* aſcendeth not there, where Theſe ſtand. Being alſo viewed through a *Microſcope*, they are never obſerved to be filled with *Liquor*. Beſides a *Root* cut and immerſed in Water, till the Water is in ſome part got into theſe *Veſſels*, and then the *Root* taken out and cruſhed; the other *Parts* will yield *Liquor*, but Theſe, only *Bubbles*: which *Bubbles* are made, by ſome ſmall quantity of *Liquor* mixed with the *Aer*, before contained in the ſaid *Veſſels*. To which, other Arguments will ariſe out of thoſe Things that follow in the *Second* Part. As alſo for this *Content*, its not being a pure or ſimple, but *Vaporous Aer*. Whether theſe *Veſſels* may not, in ſome *Vegetables*, and at ſome times, contain *Liquor*, is doubtful. (a) Thus far of the *Lignous Part*.

(a) See Book 3.

CHAP.

CHAP. V.

Of the PITH.



ITHIN the *Lignous Part* lyeth the *Pith*. This *Part* is not common to all *Roots*, for some have none, as *Nicotian*, *Srtamonium*, and others. Yet many which have none, or but little, throughout all their lower parts, have one fair enough about their tops, as *Mallow*, *Bourage*, *Dandelion*, and the like. See the *Roots*. And in many others there are *Parenchymous Parts*, of the same substantial nature with the *Pith*, distributed betwixt the several Rings of *Vessels*, and every where visible, from the top to the bottom, as in *Beet*, *Fenil*, &c. *Tab.* 6. *Tab.* 8.

2. §. The Size of the *Pith* is varied by many Degrees, easily reckoned an Hundred; in *Fenil*, *Dandelion*, *Asparagus*, but small; in *Horse-Radish*, *Valerian*, *Bistort*, great. The Shape hereof, in the lower parts of most *Roots*, is Pyramidal; but at the tops, Various, according to the different Distribution of the *Vessels*, as in *Carrot*, *Hyperbolick*, in *Parsley*, *Oval*; as appeareth, in cutting the *Roots* lenghtways. *Tab.* 6.

3. §. The *Pith*, for the most part, especially in *Trees*, is a *Simple* Body: but sometimes, it is, as the *Barque*, compounded; some certain number of *Succiferous Vessels* being mixed herewith; as in *Jerusalem Artichoke*, *Horse Radish*, &c. upon a traverse cut, by a strict view, may be discerned. Their Position is sometimes Confused, as in a *Carrot*; and sometimes Regular, as in *Parsley*; appearing, by the traverse cut, in Rings, and in cutting by the length, in Arches. And sometimes the *Pith* is hollow; as in the *Level-Roots* of *Bishops-Weed*: these *Roots* being made out of the *Stalk*, as in the *First* Chapter hath been shewed, how. *Tab.* 6, & 8. *Tab.* 6. §. 13,14,15

4. §. As all the other Parts of the *Root*, are originated from the *Seed*; so, sometimes, is the *Pith* it self. But sometimes, it hath its more immediate Derivation from the *Barque*. Hence it is, that many *Roots*, which have no *Pith* in their lower parts, have one at their top, as *Colambine*, *Lovage*, &c. For the *Parenchymous Parts* of the *Barque* being, by degrees, distributed into Diametral *Portions*, running betwixt those of the *Lignous Body*, and at length, meeting and uniting in the Centre, they thus constitute the *Pith*. In the same manner, at the top of some *Roots*, the *Pith* is either made or augmented, out of the *Parenchymous Rings* above described; these being gradually distributed to, and embodied in the Centre; as in *Fenil*, and some other *Roots*, their lower and upper parts compared together, may be seen. Even as in *Animals*, one *Part*, as the *Dura Mater*, is the original of divers others. *Tab.* 4.

Q 2 5. §.

5. §. From hence, it alſo appears, That the *Pith* is of the ſame Subſtantial Nature with the *Parenchyma* of the *Barque*, and with the Diametral *Portions*; and that therefore they are all one body, differing in no Eſſential Property, but only in their Shape and Place. The ſame is alſo evident from the Continuity of the *Pith* with the Diametral *Portions*, as of Theſe, with the ſaid *Parenchyma*. And from their Contexture, which, by a *Microſcope*, appeareth to be of one and the ſame general kind, in all *Plants*, both in the *Parenchyma* of the *Barque*, in the *Inſertment* or Diametral *Portions*, and in the *Pith*, all being made up of *Bladders*.

Tab. 9, & 15. 6. §. The *Bladders* of the *Pith*, are of very different Sizes; ſeldom leſs, than in the *Barque*, as in *Aſparagus*; uſually much bigger, as in *Horſe-Radiſh*. They may be well reckoned to about fifteen or twenty degrees; thoſe in *Jeruſalem Artichoke*, of the largeſt; in *Valerian*, *Horſe-Radiſh*, of the meaner; in *Biſtort*, *Peony*, of the ſmalleſt. Their Poſition is rarely varied, as it is oftentimes, in the *Barque*; but more uniform, and in the tranſverſe Cut, equally reſpective to all parrs of the *Root*: yet being piled evenly, one over another, in the long cut, they ſeem to run, in Direct Trains, by the length of the *Root*. Their Shape alſo is, uſually more orbicular; but ſometimes, Tab. 11. ſomewhat angular, in the larger kinds, as in *Jeruſalem Artichoke*.

7. §. THUS FAR the Contexture of the *Pith* is well diſcoverable in the *Root*. In the *Trunk*, farther, and more eaſily. Whereof therefore, in the next *Book*, I ſhall give a more particular *Deſcription* and *Draught*. Yet ſince I am ſpeaking of it, I ſhall not wholly omit here to obſerve, That the *Sides*, by which the aforeſaid *Bladders* of the *Pith* are circumſcribed, are not meer *Paper-Skins*, or rude *Membranes*; but ſo many ſeveral Ranks or Piles of exceeding ſmall *Fibrous Threds*; lying, for the moſt part, evenly one over another, from the bottom to the top of every *Bladder*; and running croſs, as the *Threds* in the Weavers *Warp*, from one *Bladder* to another. Which is to ſay, That the *Pith* is nothing elſe but a *Rete mirabile*, or an Infinite Number of *Fibres* exquiſitely ſmall, and admirably Complicated together: as by cutting the *Pith* with a *Razor*, and ſo viewing it with a good *Glaſs*, may be ſeen. See the *Figures* belonging to the *Third* Book.

8. §. All *Plants* exhibit this Spectable, not alike diſtinctly; thoſe beſt, with the largeſt *Bladders*. Nor the ſame *Pith*, in any condition; but beſt, when dry: Becauſe then, the *Sap* being voided, the ſpaces betwixt the *Fibrous Threds*, and ſo the *Threds* themſelves, are more diſtinctly diſcernable. Yet is it not to be dryed, after Cutting; Becauſe its ſeveral parts, will thereupon coincide and become deformed. But to be choſen, while the *Plant* is yet growing; at which time, it may be often found dry, yet undeformed; as in the *Trunks* of *Common Thiſtle*, *Jeruſalem Artichoke*, &c.

9. §. Neither are theſe *Threds*, ſo far as I can obſerve, Single *Fibres*; but uſually, conſiſt of ſeveral together. Nor are they *ſimply* Collateral, but by the weſtage of other *Fibres*, in their natural Eſtate, knit together; much after the ſame manner as the *Spiral Fibres* of the *Aer-*

Aer-Vessels. This Connexion I have no where so well seen, as in the White *Bottoms* of the *Bladders* of a *Bulrush*, being cut traverse; wherein they have the appearance, of very Fine and close *Needle-work.*

10. §. The *Fibres* by which the said *Threds* are knit together, I think are all Single: and are seldom and scarcely visible, except by obliquely Tearing the *Pith*; by which means, they will appear through the Glass, broken off, sometimes, a quarter or half an Inch, or an Inch in Length; and as small as one Single *Thred* of a *Spiders Webb.* In a *Bulrush*, they are sometimes discernable in cutting by the Length. These *Fibres*, and the *Threds*, they knit together, for the most part, are so pellucid, and closely situate, that they frequently seem to make One entire Body, as a piece of *Ice* or a film of *Water* it self: or even as *Animal Skins* sometimes shew, which yet are known to be *Fibrous.*

11. §. The Situation of these *Threds*, is contrary to that of the *Vessels*, as those by the Length, so these, chiefly, by the Bredth of the *Root*, or horizontally, from one edge of the *Pith* to the other. They are continued circularly; whereby, as oft as they keep within the compass of the several *Bladders*, the said *Bladders* are Round: But where they winde out of one *Bladder*, into another, they mutually Intersect a *Chord* of their several *Circles*; by which means, the *Bladders* become Angular.

12. §. The Contexture, likewise, both of the *Parenchymous Part* of the *Barque*, and of the Diametral *Portions* inserted betwixt the *Lignous*; is the same with this of the *Pith*, now described; that is, *Fibrous.* Whence we understand, How the several *Braces* and *Threds* of the *Vessels* are made: For the *Vessels* running by the length of the *Root*, as the *Warp*; by the *Parenchymous Fibres* running cross or horizontally, as the *Woof*: they are thus *knit* and as it were *stitched* up together. Yet their *westage* seemeth not to be *simple*, as in Cloath; but that many of the *Parenchymous Fibres* are *wraped* round about each *Vessel*; and, in the same manner, are continued from one *Vessel* to another; thereby knitting them altogether, more closely, into one *Tubulary Thred*; and those *Threds*, again, into one *Brace*: much after the manner of the *Needle work* called *Back-Stitch* or that used in Quilting of Balls. Some obscure sight hereof, may be taken in a *Thred* of *Cambrick*, through a *Microscope.* But it is most visible, in the *Leaves* and *Flowers* of some *Plants.* The Delineation of these Things I shall therefore omit, till we come hereafter to speak of the other *Parts.*

13. §. From what hath been said, it may be conjectured; That the *Aer Vessels* successively appearing in the *Barque*, are formed, not out of any *Fluid Matter*, as are the original ones: But of the *Parenchymous Fibres*; sc. by changing them from a *Spherical* to a *Tubulary Forme.*

14. §. From the precedents, it is also manifest, That all the *Parenchymous Parts* of a *Root*, are *Fibrous.*

15. §. And lastly, That the whole Body of a *Root*, consisteth of *Vessels* and *Fibres.* And, That these *Fibres* themselves, are Tubulous or.

or ſo many more *Veſſels*, is moſt probable: There only wanteth a greater perfection of *Microſcopes* to determine.

16. 9. The *Contents* of the *Pith* are, ſometimes *Liquor*, and ſometimes a *Vaporous-Aer*. The *Liquor* is always Diaphanous, as that of the *Parenchymous Part* of the *Barque*; and in nature, not much differing from it. The *Aer* is ſometimes leſs, and ſometimes more *Vaporous*, than that of the *Barque*. By this *Aer* I mean, that which is contained in the *Bladders*. Within the Concaves of the *Fibres* which compoſe the *Bladders*, I ſuppoſe, there is another different Sort of *Aer*. So that as in the *Bladders* is contained a more *Aqueous*; and in the *Veſſels*, a more *Eſſential Liquor*: So ſometimes, in the ſame *Bladders*, is contained a more *Vaporous*; and in the *Fibres*, a more Simple and *Eſſential Aer*.

An

An Account of the

VEGETATION

OF

ROOTS

Grounded chiefly upon the foregoing

ANATOMY.

PART II.



TO *Philosophize*, is, To render the *Causes* and *Ends* of Things. No man, therefore, that denieth *God* can do this, Truly. For the taking away of the *first Cause*, maketh all things *Contingent*. Now, of that which is *Contingent*, although there may be an *Event*; yet there can be no *Reason* or *End*: so that Men should then study, That, which *is not*. So the *Causes* of Things, if they are *Contingent*, they cannot be *Constant*. For that which is the *Cause* of This, now; if it be so *Contingently*, it may not be the *Cause* hereafter: and no *Physical* Proposition, grounded upon the *Constancy* and Certainty of Things, could have any foundation. He, therefore, that philosophiseth, and denieth *God*, playeth a childish Game. *Theology the Beginning and End of Philosophy.*

2. §. Wherefore *Nature*, and the *Causes* and *Reasons* of Things, duly contemplated, naturally lead us unto *God*; and is one way of securing our Veneration of Him: giving us, not only a general Demonstration of his *Being*; but a particular one, of most of the several *Qualifications* thereof. For all *Goodness*, *Righteousness*, *Proportion*, *Order*, *Truth*, or whatever else is Excellent and Amiable in the *Creatures*; it is the Demonstration of the like in *God*. For it is impossible, that *God* should

ſhould ever make any thing, not like Himſelf, in ſome degree or other. Theſe Things, and the very Notions which we have of them, are *Conceptions* iſſuing from the *Womb* of the *Divine Nature.*

3. §. By the ſame means, we have a greater aſſurance of the Excellency of his *Sacred Word.* That He, who hath *Done* all things ſo tranſcendently well; muſt needs *Speak* as well, as he hath *Done.* That He, who in ſo admirable a manner, hath *made* Man; cannot but know beſt, What his true *Principles* and *Faculties* are; and what *Actions* are moſt agreeable thereunto: and, that having adorned him with ſuch *Beauteous* and *Lovely* ones; it is impoſſible, He ſhould ever put him upon the Exerciſe of thoſe *Faculties,* in any way *Deformed* and *Unlovely.* That He ſhould do all things, ſo well *Himſelf*; and yet require his *Creatures,* to do otherwiſe, is unconceivable.

4. §. And as we may come, hereby, to rectifie our Apprehenſion of His *Laws*; ſo alſo, of His *Miſteries.* For there are many Things, of the *Manner* of whoſe Exiſtence, we have no certain Knowledge. Yet, of their *Exiſtence,* we are as ſure, as our *Senſes* can make us. But, we may as well deny, what *God* hath Made, *To be*; as, what he hath Spoken, *To be true,* becauſe we underſtand not *how.* And the knowledge of *Things* being gradually attained, we have occaſion to reflect, That ſome *Things,* we can now well conceive, which we once thought unintelligible. I know, therefore, what I *underſtand* not; but, I know not, what is *unintelligible*: what I know not now, I may hereafter; or if not I, another; or if *no Man,* or other *Creature,* it is ſufficient, *That God fully underſtandeth Himſelf.* It is not, therefore, the *Knowledge* of *Nature,* but they are the *wanton phanſies* of Mens minds, that diſpoſe them, either to Forget *God,* or to Think unduly of Him.

5. §. Nor have we reaſon to fear going *too far,* in the Study of *Nature*; more, than the *entring* into it: Becauſe, the higher we riſe in the true Knowledg and due Contemplation of *This*; the nearer we come to the *Divine Author* hereof. Or to think, that there is any Contradiction, when *Philoſophy* teaches that to be done by *Nature*; which *Religion,* and the *Sacred Scriptures,* teach us to be done by *God*: no more, than to ſay, That the *Ballance* of a *Watch* is moved by the next *Wheel*; is to deny that *Wheel,* and the reſt, to be moved by the *Spring*; and that both the *Spring,* and all the other *Parts,* are cauſed to move together by the *Maker* of them. So *God* may be truly the *Cauſe* of *This Effect,* although a Thouſand other *Cauſes* ſhould be ſuppoſed to intervene: For all *Nature* is as one Great *Engine,* made by, and held in His Hand. And as it is the Watch-makers *Art,* that the *Hand* moves regularly, from hour to hour, although he put not his Finger ſtill to it: So is it the Demonſtration of *Divine Wiſdome,* that the Parts of *Nature* are ſo harmoniouſly contrived and ſet together; as to conſpire to all kind of Natural Motions and Effects, without the Extraordinary and Immediate Influence of the *Author* of it.

6. §. Therefore, as the *Original Being* of all Things, is the moſt proper Demonſtration of *Gods Power*: So the *ſucceſſive Generations,* and *Operations* of Things are the moſt proper Demonſtration of his *Wiſdom.* For if we ſhould ſuppoſe, that *God* did now make, or do any Thing, by any Thing; then, no *Effect* would be produced by a *Natural Cauſe*: and conſequently, He would ſtill be upon the Work of *Creation*: which yet *Sacred Scripture* aſſureth us, He *reſteth from.* And we might exſpect the

the Formation of a *Child*, in an *Egg*, as well as in a *Womb*; or of a *Chicken*, out of a *Stone*, as an *Egg*: And all Sorts of *Animals*, as well as *Plants*, might propagate their *Species*, without Coition: and the like. For *Infinite Power*, needeth not make any difference in the Things it undertakes to manage. But in that, these Things are not only *made*, but *so made*, that is, according to such certain Natural Laws, as to produce their *Natural Effects*; here is the Sensible and Illustrious Evidence of his *Wisdom*. Wherefore as the Wisdom of Government, is not seen, by the King his interposing Himself in every Case; but in the contrivance of the *Laws*, and Constitution of *Ministers* in such sort, that it shall be as effectnally determin'd, as if he did so indeed: So the more complicated and vastly Numerous, we allow the *Natural Causes* of Things to be; the more duely we conceive of that *Wisdom*, which thus disposeth of them all, to their several *Effects*: All Things being thus, as *Ministers* in the Hands of *God*, conspiring together a Thousand *Ways*, towards a Thousand *Effects* and *Ends*, at one time; and that with the same certainty, as if he did prepose to each, the same Omnipotent *Fiat*, which he used at the Creation of the World.

7. §. THIS *Universal Monarchy*, as it is eminently Visible in all other Particular *Oeconomies*; so is it, no less, in that of *Vegetables*. Infinite Occurrences, and secret Intrigues, 'tis made up of; of which we cannot skill, but by the help of manifold *Means*; and those, in the foregoing *Idea*, have been lately proposed. Wherein, although some *Experiments* have been briefly touch'd: yet that which I have hitherto chiefly prosecuted, hath been the *Anatomical* Part; and that not throughly neither. Notwithstanding, so far as Observations already made will conduct us, I shall endeavour to go. And if, for the better clearing of the way, I have intermixed some Conjectures; I think they are not meerly such, but for which I have layd down some Grounds, and of which, the *Series* also of the following *Discourse*, may be some further proof.

The Divine Wisdom seen in the Growth of *Plants*; if we observe,

8. §. LET US say then, that the *Root* of a *Plant* being lodged in some Soil, for its more convenient growth; 'tis necessary the Soil should be duly prepared for it. The *Rain*, therefore, falling and soaking into the Soyl, somewhat diluteth the Dissoluble *Principles* therein contained; and renders them more easily communicable to the *Root*: Being as a *Menstruum*, which extracteth those *Principles*, from the other greater and useless part of the Soil.

First, How the *Ground* is prepared.

9. §. And the warm *Sun*, joyned with the diluting *Rain*, by both, as it were a *Digestion* of the Soil, or a gentile *Fermentation* amongst its several Parts, will follow: whereby the Dissoluble Parts therein, will rot and mellow: that is, those *Principles* which as yet remained more *fixed*, will now be further *resolved and unlocked*, and more copiously and equally spread themselves through the Body of the Soil.

10. §. These *Principles*, being with the growth of *Plants* continually exhausted, and needing a repair; the successions, therefore, of Wet, Wind, and other Weather, beat down and rot the *Leaves* and other *Parts* of *Plants*. Whereby these (as *Weeds* which are wont to be buried under ground) become a *natural Manure*, and Re-impreg-

R nate

nate the Soil: Being thus, in part, out of their own Resolved *Principles*, annually Compounded again.

11. §. Many of these *Principles*, upon their *Resolution*, being by the *Sun* more attenuated and volatilized; continually ascend into the *Aer*, and are mixed therewith. Where, although they lose not their *Vegatable Nature*, yet being amongst other purer *Principles*; themselves also, depositing their Earthy feculencies, become more subtile, simple and Essential Bodies.

12. §. And the *Aer* being of an *Elastick* or *Springy* Nature, pressing, more or less, upon all Bodies; it thereby forceth and insinuateth it self into the Soil, through all its permeable Pores. Upon its own entrance, it carries also many of the said *Vegetable* and *Essential Principles* along with it; which, together with the rest, are spread all over the Body of the Soil. By which means, though a less Vehement, yet more Subtil *Fermentation*, and with the least advantage of warmth, continuable, will be effected.

13. §. The *Principles* being thus farther *resolved* and subtilized, would presently exhale away, if the *Rain*, again, did not prevent. Which, therefore, falling upon and soaking through the Ground, is as a fresh *Menstruum*, saturate or impregnate with many of them. And as it still sinketh lower, it carries them along with it self, from the Superficial, to the Deeper parts of the Ground: thus, not only maturing those parts also, which, otherwise, would be more lean and cold; but therein likewise, laying up and securing a *Store*, more gradually and thriftily to be bestowed upon the Upper parts again, as they need.

14. §. And *Autumn* having laid up the *Store*, *Winter* following thereupon, doth, as it were, lock the doors upon it. In which time, some warmer Intervals, serve further and gradually to mature the stored *Principles*, without hazard of their being Exhaled. And the *Spring* returning, sets the doors open again, with warmer and more constant *Sun*, with gentle and frequent *Rain*, fully resolves the said *Principles*; and so furnisheth a plentiful Diet, for all kinds of *Vegetables*: being a *Composition* of *Water* chiefly, wherein are resolved, some portions of *Earth*, *Salt*, *Acid*, *Oyl*, *Spirit*, and *Aer*; or other Bodies of Affinity herewith.

Then, How the *Sap* is imbib'd, and distributed to the several *Parts*. (*a*) P.1.c.3. §.3. (*b*) §.11,12

15. §. THE ROOT standing in the *Ground* thus prepared, and being always surrounded with a *Barque*, which consisteth chiefly of a *Parenchymous* and *Spongy* Body; (*a*) it will thus, as *Sponges* do, naturally suck up the watry parts of the *Soil* impregnate with the said *Principles*. Which *Principles* notwithstanding, being in proportion with the watry parts, but few, and also more *Essential*; (*b*) therefore in this *Parenchymous Part*, are they never much discovered, either by *Colour*, *Taste*, or *Smell*. As it is probable, that some distilled *Waters*, which discover nothing, to Sense, of the *Plants* from which they are distilled, may yet, in part, retain their *Faculties*. And it is known, that many Bodies; as *Crocus Metallorum*, convey many of their parts into the *Menstruum*, without any sensible alteration thereof. So *Frost* and *Snow* have neither *Taste* nor *Smell*; yet from their *Figures*, 'tis evident, that there are divers kinds of *Saline Principles* incorporated with them; or at least, such *Principles* as are common to *them* and divers kinds of *Salts*.

16. §.

16. §. The entrance of this Impregnate Water or *Sap* is not without difference, but by the Regulation of the intervening *Skin*; being thereby *strained* and rendred more pure: the *Skin*, according to the thickness (*a*) or closeness thereof, becoming sometimes only as a *brown paper*, sometimes as a *Cotton*, and sometimes as a *Bag* of *Leather* to the transient *Sap*, as the nature of it doth require. By which it is also *moderated*, lest the *Barque*, being spongy, should suck it up too fast, and so the *Root* should be, as it were, surcharged by a *Plethora*. And divers of the *Succiferous Vessels* being mixed herewith (*b*) and lying next the Soil, usually more or less *mortified*, and so their *Principles* somewhat *resolved*; the *Sap* is hereby better *specified*, and further *tinctured*; such parts of the *Sap* best entring, as are most agreeable to those *Principles*; which the *Sap* also carries off, in some part, as it passeth into the *Barque*.

(*a*) P.1. c.2. §. 1.

(*b*) P.1. c.2. §. 4.

17. §. The *Sap* thus *strained*, though it be *pure*, and consisteth of *Essential* parts; yet being *compounded* of *heterogeneous* ones; and received into the *Parenchyma* of the *Barque* a laxe and spongy Body, they will now easily and mildly *ferment*. Whereby they will be yet further prepared, and so more easily insinuate themselves into all the *Bladders* of the said *Parenchyma*; swelling and dilating it as far as the *Continuity* of its parts will bear. Whereupon, partly from the continued entrance of fresh *Sap*, and partly by a Motion or Pressure of *Restitution* in the swollen and Tensed *Bladders* of the *Parenchyma*, the *Sap* is forced thence into the other parts of the *Root*.

18. §. And because the *Parenchyma* is in no place openly and Visibly Pervious, but is every where composed of an Infinite Number of small *Bladders* (*c*); the *Sap*, therefore, is not only *fermented* therein, and fitted for Separation; but, as it passeth through it, is every part of it, *strained* an Hundred times over, from *Bladder* to *Bladder*.

(*c*) P.1. c.3. §. 4.

19. §. The *Sap* thus *fermented*, and *strained*, is distributed to the other *Organical Parts*, according as the several *Principles* of This, are agreeable to those whereof the said *Organical Parts* consist. As the *Sap* therefore passeth from *Bladder* to *Bladder*, such *Principles* as are agreeable to those of the *Fibres* of the said *Bladders*, will adhere to, and insinuate themselves into the Body of the *Fibres*; *sc. Watry* chiefly, next *Acid*, then *spirituous*, *Earthy*, *Aery*, and *Oleous*. (*d*)

(*d*) Idea, §. 50, 52.

20. §. And the *Sap* by its continual appulse and *percolation*, as it leaveth some parts upon the said *Fibres*; so as it is *squeezed* betwixt them from *Bladder* to *Bladder*, it licks and carries off some others from them, in some *union* together with it; and so is *Impregnate* herewith: as *Water*, by passing through a *Mineral Vein*, becomes *tinctured* with that *Mineral*.

21. §. The *Sap* thus *Impregnate* with some *united Principles* of the *Parenchymous Fibres*, passeth on to the *Lignous Vessels*, whereinto their correspondent *Principles* also enter; *sc. Watry*, *Saline*, *Oleous and Earthy* chiefly. (*e*) And because the *Parenchymous Principles* mixed with them, are in some degree *united*, and so more ready to *fix*; some of these therefore will likewise enter into the said *Vessels*. Whereupon, the *Alkali oleosum* of the one, and the *Acidum spirituosum* of the other, meeting together; These, with the other *Principles*, all *concentre*, and of divers *fluids*, become one *fixed* Body, and are gradually *agglutinated* to the *Vessels*; that is, The *Vessels* are now *nourished*.

(*e*) Idea, §. 51, 52.

R 2 22. §

22. §. The ſupply of the *Sap* ſtill continued, the *Principles* thereof will not only enter into the *Body* of theſe *Parts*, but alſo their *Concaves*. And the *Parenchymous Fibres* being *wrapped* about the *Veſſels*, (*a*) as often as the ſaid *Fibres* are more *turgid* with their own contained *Fluid*, they will thereby be ſomewhat *ſhortned*, or contract in length; and ſo muſt needs *bind* upon the *Veſſels*, and thereby, as it were, *ſqueeze* ſome part of the *Fluid*, contained both within themſelves and the *Veſſels*, back again into the *Bladders*.

(*a*) P.1.c.5. §. 12.

23. §. And the *Sap* herein, being thus *tinctured* with ſome of the *united Principles* of the *Veſſels*, divers of them will now alſo inſinuate themſelves into the *Parenchymous Fibres*, and be incorporated with them: Whereby, the ſaid *Fibres*, which before were only *relaxed* and *dilated*, are now alſo *nouriſhed*, and not till now. Some portion of the *united Principles* both of the *Parenchymous* and *Lignous Parts*, being neceſſary to the true *nutrition* of Each: As the Confuſion and joynt aſſiſtance of both the *Arterious* and *Nervous Fluids*, is to the nouriſhment or coagulation of the *Parts* in *Animals*.

24. §. Some portion of the *Sap* thus doubly *tinctured*, is at the ſame time tranſmitted to, and enters the *Body* of the *Aer-Veſſels*; conſiſting chiefly of *Water*, *Aer*, and *Acid*; and, in like manner, as in the other *Parts* is herein *agglutinated*. And the appulſe and preſſure of the *Sap* ſtill continued, ſome portion hereof is alſo trajected into the *Concaves* of the ſaid *Veſſels*; exiſting therein as a moſt *Compounded Fluid*; partaking, more or leſs, both of the *Principles* and *Tinctures* of the other *Organical Parts*, and of the *Aer-Veſſels* themſelves; being as it were, a *Mixed Reſolution* from them all.

25. §. And the *Parenchymous Fibres* being *wrapped* about Theſe, as about the other *Veſſels*, (*b*) and, in like manner, *binding* upon them; they thus frequently *ſqueeze* part of the ſaid contained *Fluid* out again: As neceſſary, though not to the immediate Nouriſhment of the *Parts*, yet the due Qualification of the *Sap*; being a Conſtant *Aerial Ferment*, ſucceſſively ſtored up within the *Aer-Veſſels*, and thence tranſfuſed to the *Sap*, in the other *Organical Parts*.

(*b*) P.1.c.5. §. 12.

26. §. And that there may be a better Tranſition of the *Sap* thus *tinctured*, to the ſeveral *Organical Parts*; therefore, none of them are cloſe ſet and compact within themſelves, ſeverally: For ſo, they would be inacceſſible to the *Sap*, and their inward Portions, wanting a due ſupply of *Aliment*, would be ſtarved. But the *Veſſels*, both of *Aer* and *Sap*, being every where divided into *Braced* Portions, and other *Parenchymous* Portions, filling up the ſpaces every where betwixt them (*c*); there is therefore a free and copious communication of the *Sap*, (and ſo of all the *Tinctures* ſucceſſively transfuſed into it) from *Part* to *Part*, and to every Portion of every *Part*: The *Parenchymous* Portions, running betwixt the *Braces*, as the ſmaller *Veſſels* do throughout the *Viſcera*, in *Animals*. Whereby, none of them want that Matter, which is neceſſary either for their *Nutrition*, or for the good Eſtate of their *Contents*, or for the due period of their Growth.

(*c*) P.1. c.3. §. 13. & c.4. §. 4,5,7.

27. §. For the better *Tempering* of the ſeveral parts of the *Sap*, ſerve the *Diametral* Portions of the *Parenchymous Body* which run ſometimes directly through the *Barque*, as in *Lovage*, *Parſley*, &c. is deſcribed and figur'd (*d*) Which being, all or moſt of them, continued betwixt both the *Succiferous* and the *Aer-Veſſels*, from the Circumference to

(*d*) P.1.c.3. §. 7,8.

to the Centre; they hereby carry off a more Copious and *Aerial Ferment* from the One, and communicate it unto the Other. For as the *Sap* enters the *Barque*, the more *liquid* part, still passeth into the *succulent* Portions thereof; the more *Aery*, is separated into those White and Dryer *Diametral* ones; and in its passage betwixt the *Portions* of the *Aer-Vessels*, is all along communicated to them. Yet is it not a pure or *simple Aer*, but such as carries a *Tincture* with it, from the *Succiferous Vessels*. And therefore it is observable, That when the *Diametral* Portions are more distant, the *Sap-Vessels* run not in a Straight Line betwixt them, but are Reciprocally so inclined, as to touch upon them; as in *Lovage* is visible: Thereby communicating their *Tincture* to the *Aer*, as it passeth by them, through the said *Diametral* Portions.

28. §. By the continual appulse of fresh *Sap*, some, both of the *aery*, and of all the other parts thereof are transmitted into the *Pith*; where, finding more room, it will yet more kindly be *digested*. Especially having the advantage herein of some degree of Warmth; being herein remoter from the *Soil*, and, as it were, *Tunn'd* up within the *Wood*, or the *Mass* of surrounding *Vessels*. So that the *Pith*, is a *Repository* of better *Aliment* gradually supplied to those *Succiferous Vessels*, which are frequently scattered up and down therein, and which ascend into the *Trunk*. (a) But where no *succiferous Vessels* are mixed, herewith, it usually becomes Dryer, and is replenished with a more *Aerial* and *Warmer Sap*; whereby the growth of the *Caulis* is promoted, as by an *Hot Bed* set just under it. And in many *Plants* with divers knobbed *Roots*, the younger are more succulent, serving chiefly to feed the *Stalk*: the Elder are spongy and fill'd with *Aer*, for the fermenting of the *Sap*, and more early growth of the *Stalk*: as in little *Celandine*, *Dogstones* and all of that Kindred. And thus all the *Parts* have a fit *Aliment* provided for their *Nourishment*

(a) P.1.c.5. §.3.

29. §. IN THIS *Nourishment*, the *Principles* of the *Sap* are, as is said, *concentred* and *locked* up one within another: (b) Whence it is, that the *Organical Parts*, being cleansed of their *Contents*, have none of them any *Taste* or *Smell*, as in the *Piths* of *Plants*, *Paper* and *Linen Cloth* is evident. (c) Because till by *Digestion*, violent *Destillation*, or some other way, they are resolved, they cannot act upon the *Organs* of those Senses. For the same reason, they are never *tinctured*, excepting by their *Contents*: and although, to the bare Eye, they frequently shew *White*, yet viewed through a *Microscope*, they all appear *transparent*. In like manner, as the *Serum* of *Blood*, *Whites* of *Eggs*, *Tendons*, *Hairs* and *Horns* themselves are *transparent*, and without much *Smell* or *Taste*, their *Principles* being, in all of them, more or less *concentred*: But when ever these *Principles*, are forcibly *resolved*, they are ever variously invested with all those *Qualities*.

How the several Parts are Nourish'd and Form'd.

(b) §. 21.
(c) Idea, §. 49, 51.

30. §. And as from the *Concentration* of the *Principles*, in every *Organical Part*, the said *Parts* do thus far, all agree: So, from the *Predominion* of the *Principles* of each *Part*, the rest are controuled, not only to a *Concentration*, but an *Assimilation* also; whereby, the *Specifick Differences*, of the several *Organical Parts*, are preserved. Hence the *succiferous Vessels* are always *Tough* and very Pliable; for so are all *Barques*, wherein these *Vessels* abound; so is a Handful of *Flax*, which is nothing else but a heap of the *succiferous Vessels* in the *Barque* of that

that *Plant*. For besides *Water*, and *Earth*, an *Alkaline Salt* and *Oyl* are, as is said, the predominant *Principles* of these *Vessels*. (*a*) It is then the *Oyl*, chiefly, by which these *Vessels* are *Tough*: for being of a tenacious Nature, by taking hold of other *Principles*, it marries them together; and the *Alkaline Salt* and *Earth*, *concentred* with it, addeth to it more *Strength*. Hence the *Caput Mortuum* of most Bodies, especially those that abound with *Oyl* and a *Sal Alkali*, is *brittle* and *friable*; those *Principles*, which were the *Ligaments* of the rest, being forced away from them. From the same Cause, the *Parenchymous Parts* of a *Root*, even in their Natural State, are *brittle* and *friable*; *sc.* Because their *Earthy*, and especially *Oleous* and *Saline Principles* are, as is said, (*b*) so very few. Therefore all *Piths* and more *simple Parenchyma's*, break *short*, so *Corn*, and the *Roots* of *Potato's*, and divers other *Plants*, being dryed, will easily be rub'd to *Meal*; and many *Apples*, after Frosts, eat *mealy*; the *Parenchymous Parts* of all which, are not only by *Analogy*, but in Substance or Essence, the self same Body. (*c*)

(*a*) §. 21.
(*b*) §. 19.
(*c*) Lib. 1. c.7. §. 14.

31. §. And as the *Consistence* of the several *Organical Parts*, is dependent on their *Principles*; so are their *Figures*. And first, the *Succiferous Vessels*, from their *Alkaline Salt*, (*d*) grow in Length. For by that Dimension, chiefly, This *Salt* always *shoots*: And being a less moveable *Principle* than the rest, and so apt more speedily to *fix* or *shoot*: It thus overrules them to its own *Figure*. And even as the Shape of a *Button* dependeth on the *Mould*, the *Silk* and other Materials wrought upon it, being always conformable thereunto: so here; the *Salt* is, as it were, the *Mould*; about which, the other more passive *Principles* gathering themselves, they all consort and fashion to it. Hence also the same *Sap-Vessels* are not *pyramidal*, as the *Veins* of *Animals*; but of an equal bore, from end to end; the *shootings* of the said *Salt*, being also figured more agreeably to that *Dimension*. And as by the *Saline Principle*, these *Vessels* are *Long*; so by the *Oleous*, (*e*) they are every where *Round*, or properly *Cylindrical*; without some joynt Efficacy of which *Principle*, the said *Vessels* would be *Flat*, or some way Edged and *Angular*, as all *saline shoots*, of themselves, are; as those of *Alum*, *Vitriol*, *Sal Ammoniac*, *Sea Salt*, *Nitre*, &c. And because the *Spirituous* and more *Fluid* part of the *Principles*, is least of all apt to *fix*, while therefore, the other parts fix round about, This will remain moveable in the *Centre*; from whence every *Vessel* is formed, not into a *solid*, but *hollow Cylinder*; that is, becomes a *Tube*.

(*d*) P. 2. §. 21.
(*e*) Ib.

32. §. The *Lactiferous Vessels* are *tubulary*, as the *Lymphæducts*, but of a somewhat wider *Concave* or *Bore*. For being their *Principles* are less *Earthy* and *Oleous*, and also more loosely *Concentred*; as from their easie corruption or *Resolution* by the *Aer*, it appears they are: they are therefore more tender, and so more easily dilative, and yielding to the said *Spirituous* part in the Centre. And by this means, obtaining a wider *Bore*, they are more adapted to the free motion of the *Milky Content*: which being an Oleous and Thicker *Liquor*, than that in the *Lymphæducts*; and having no advantage of *pulsation*, as the *Blood* hath in *Animals*; might sometimes be apt to stagnate, if the *Vessels*, through which it moves, were not somewhat wider.

33. §.

33. §. As the *Saline Principle* is the *Mould* of the *Succiferous*, so is the *Aerial* of the *Aer-Vessels*. (*a*) Now the Particles of *Aer* strictly so called, at least of that part of it concerned in the Generation of the *Aer-Vessels*, I suppose, are crooked: and that by composition of many of those crooked ones together, some of them become Spiral, or of some other winding *Figure*: and that thereupon dependeth the *Elastick* Property of the *Aer*, or its being capable of *Rarefaction* and *Condensation* by force. Wherefore, the said *crooked* Particles of the *Aer*, first *shooting* and *setting* together, as the *Mould*, the other *Principle* cling and *fix* conformably round about them. So that, as by force of the *Saline Principles*, the rest of them are made to *shoot* out in *Long continued Fibres*; so by force of the *Aerial*, those *Fibers* are still disposed into *Spiral Lines*, thus making up the *Aer-Vessels*. And according as there are fewer of these *Aerial* Particles, in proportion to the *Saline*, the *Concave* of the *Aer-Vessels* is variously wider, or the *Fibres* continue their *shooting* by wider *Rings*; as those that come nearer to a *right Line*, and so are more complient to the *Figure* and shooting of the *Saline* parts. And whereas the *Lympheducts*, shooting out only in length, are never sensibly *amplified* beyond their original size: These, on the contrary, always, more or less, enlarge their *Diameter*; because their *Fibres*, being disposed into *Spiral Lines*, must needs therefore, as they continue their growth, be still dilated into greater and greater *Rings*. And being at the bottom of the *Root* more remote from the *Aer*, and so having somewhat fewer Particles purely *Aerial*, there ingredient to them, then at the top; they fall more under the government of the *Saline*, and so come nearer to a *right Line*, that is into greater *Circles*; and so the *Aer-Vessels*, made up of those *Circles*, are there generally wider. (*b*)

(*a*) P.1.c.4. §.23.& P.2. §.24.

(*b*) P.1.c.4. §.16.

34. §. By mediation of their *Principles*, the *Parenchymous Parts* likewise of a *Root* have their proper *Contexture*. For from their *Acid Salt* they are *Fibrous*; from their *Oyl*, the *Fibres* are *Round*, and in all parts even within themselves; and from their *Spirit*, it is most probable, that they are also *hollow*. But because the *Spirit* is, here, more copious than the *Aer*; and the *Saline Principle* an *Acid*, (*c*) and so, more under the government of the *Spirit*, than is an *Alkali*; therefore are not the said *Fibres* continued in *straight Lines*, as the *Sap-Vessels*; or by one *uniform* motion, into *spiral* lines, as the *Fibres* in the *Aerial*; but *winding*, in a circular manner, to and fro a *thousand ways*, agreeable to the like *motions* of the *Spirit*, that most *active*, and here most *predominant Principle*. And the *Spirituous Parts* being, as is said, here more copious and redundant, they will not only suffice to fill up the Concaves of the *Fibres*, but will also gather together into innumerable little spaces, without them: whence the *Fibres* cannot wind close together, as Thred, in a *Bottom* of Yarn; but are forced to keep at some distance, one parcel from another, and so are disposed, as Bread is in baking, into *Bladders*. (*d*)

(*c*) §. 19.

(*d*) P.1.c.5 §.4.

35. §. And the *under Fibres* being *set* first, as the *Warp*, the *spirituous* parts next adjacent, will incline also to *fix*, and so govern an *over work* of *Fibres*, wrapping, as the *Woof*, in still smaller Circles round the other: whereby they are all knit together. (*e*) For the same reason, the *Lympheducts*, being first formed, the *Parenchymous Fibres set* and *wrap* about These also. (*f*) And the *Aer-Vessels* being formed

(*e*) P.1.c.5 §.9.

(*f*) P.1.c.5 §.12.

formed in the Center, the *ſucciferous* run along thoſe likewiſe (as *volatile Salts ſhoot* along the ſides of a Glaſs, or *Froſt* upon a Window) and ſo are, as it were, Incruſtate about them in a *Ring*.

How the ſeveral *Parts* come to be Situate or Diſpos'd.

36. §. SOME OF THE more Ætherial and Subtile parts of the *Aer*, as they ſtream through the *Root*, it ſhould ſeem, by a certain *Magnetiſme*, do gradually diſpoſe the *Aer-Veſſels*, where there are any ſtore of them, into *Rays*. This Attraction (as I take leave to call it) or *Magnetick power* betwixt the *Aer* and theſe *Veſſels*, may be argued, From the nature of the *Principles* common to them both: From the *Electral* nature of divers other Bodies; the *Load-ſtone* being not the only one which is attractive: And from other Effects, both before (*a*) and hereafter mentioned. Wherefore in the inferiour parts of the *Root*, they are leſs Regular; (*b*) becauſe more remote from the *Aer*. And in the upper parts of many *Roots*, as *Cumfery*, *Borage*, *Parſnep*, where thoſe that are next the Centre are confuſed, or differently diſpoſed; thoſe next the *Barque*, and ſo nearer the *Aer*, are poſtured more Regularly, and uſually into *Rays*. For the ſame reaſon it may be; that even the *Sap-Veſſels* in the *Barque*, as often as the *Aer Veſſels* are more numerous, are uſually diſpoſed into *Rays*, as following the direction of the *Aer-Veſſels*. And that the *Parenchyma* of the *Barque*, is diſpoſed into *Diametral Portions*: and that where the *Aer Veſſels* are fewer or ſmaller, theſe *Portions* are likewiſe ſmaller or none; as in *Chervil*, *Aſparagus*, *Dandelion*, *Orpine*, *Biſtort*, *Horſe-Radiſh*, *Potato's*, &c.

(*a*) Lib. 1. c.2. §.25. & c.4. Append. §. 2, 3.
(*b*) P.1.c.4. §. 10.
Tab. 7, 8, 9.
Tab. 7, 8, 9, &c.

37. §. The ſaid Ætherial parts of the *Aer*, have a Power over the *Aer-Veſſels* not only thus to Diſpoſe them; but alſo to Sollicite and *ſpread* them abroad from the Center towards the Circumference of the *Root*. By which means, thoſe *Roots* which have no *Pith* in their lower parts, obtain one in their upper. (*c*) And the ſame *Pith*, which in the lower part, is ratably, ſmall, in the upper, is more or leſs enlarged. (*d*)

(*c*) P.1. c.5. §. 1.
(*d*) Ib. §. 4.

38. §. The *Spreading* of theſe *Veſſels* is varied, not only according to the *Force* the *Aer* hath upon them, but alſo their own greater or leſs *Aptitude* to yield thereto. As often therefore, as they are Slenderer, they will alſo be more Pliable and receſſive from the Centre, towards the Circumference. Hence, in ſuch *Roots* where they are ſmall, they ſtand more diſtant; as in *Turnep*, *Jeruſalem Artichoke*, *Potato's*, and others; and ſo their *Braces* are fewer: and in the ſame *Root*, where they are ſmaller, their diſtance is greater. Beſides, in theſe ſmaller *Aer-Veſſels*, the *Rings* being leſs, and the *Spiral Fibres* whereof they are made, continuing to *ſhoot*; the ſaid *Rings* therefore, muſt needs be ſo many more, as they are ſmaller; and ſo take up more ſpace by the length of the *Root*; and ſo, not being capable of being crowded in a *right line*, every *Veſſel* will be forced to recede to a *crooked* or *bowed* one.

Tab. 2, & 6.

39. §. The *Sap Veſſels*, being by the *Parenchymous Fibres* knit to *theſe*, will likewiſe comply with Their motion, and ſpread abroad with them. Yet being ſtill ſmaller (*e*) and more pliable than the *Aer-Veſſels*, and ſo more yielding to the intercurrent *Fibres* of the *Parenchyma*, their *braced Threds* will, ſometimes, be much more divaricated, than thoſe of the *Aer-Veſſels*; as in *Jeruſalem Artichoke*. And becauſe the *Succiferous* *Veſſels*,

(*e*) P.1. c.3. §. 16.
Tab. 6.

Vessels, although they are joyned to the *Aerial* by the *Parenchymous Fibres*, (*a*) yet are not continuous with them; neither fall under the like *Attractive Power* of the *Aer*, as the *Aerial* do; the *Aerial* therefore, upon their spreading, do not always carry all the *Succiferous* along with them; but often, if not always, leave many of them behind them sprinkled up and down the *Pith*; as in *Parsley*, *Carrot*, *Jerusalem Artichoke*, *Turnep*, &c. may be seen.

(*a*) P. 1. c. 5. §. 12.

Tab. 6.

40. §. The *spreading* of the *Aer-Vessels* still continued, several of them, at length, break forth beyond the circumference of the *Root*; and so are distributed, either in the lower parts, into *Branches* and *Strings*; or at the top, into *Leaves*. And lest they should all spread themselves into *Leaves*, and none be left for the *Caulis*; as where they are very small, or the *Sap-Vessels* to bound them, are but few, they might; therefore divers of them are, oftentimes, more frequently *braced* in the Centre; for which reason, they cannot so easily separate and spread themselves from thence, but run more inwardly up into the *Caulis*, as in *Borage*.

Tab. 6.

41. §. FROM THE various *Sizes*, *Proportions*, and *Dispositions* of the Parts, *Roots* are variously *sized*, *shaped*, *moved* and *aged*. Those which, by their Annual Growth, are large; have fewer, both *Aerial*, and *Sap-Vessels*, and a more copious *Parenchyma*. So that the *Aer-Vessels*, or rather, the *Aery Ferment* contained in them, *volatilizing* only a smaller portion of the *Sap*; the said *Sap* is less capable of advancement into the *Trunk*; and so must needs remain and *fix* more copiously in the *Root*, which is thereby more augmented. And where the *Sap-Vessels* alone, are but few, the *Root* is yet, ratably, somewhat large: but where they are numerous, it is never so, as to its Annual Growth, in any proportion to their Number: Because their *Tincture*, which is *Alkaline*, will go farther in *setting* the *Parenchymous Parts*: than the *Tincture* of *These*, which is *Acidulate*, will go, in *setting Them*. (*b*)

How the whole *Root* is differently sized and shaped.

(*b*) P. 2. §. 31.

42. §. When the *Aer-Vessels* are more pliable and sequent to the Attraction of the *Aer*, and so *spread* themselves, and the *Succiferous* together with them, more abroad; in the manner as hath been said; the *Root* also will grow more in *Breadth*; the nutrition of the *Parenchymous Parts*, to which the *Vessels* are adjacent, being thus, by the same dimension, more augmented; as in *Turnep*, *Jerusalem Artichoke*, &c. But where these are not spread abroad, the *Root* is but slender; as in *Asparagus*, *Dandelion*, &c.

Tab. 2, & 7.
Tab. 7, & 8.

43. §. If the *Aer-Vessels* be contracted into, or near the Centre, and are somewhat Large or Numerous; and the *Succiferous*, also more copiously mixed with, or surrounding them; the *Root* grows very Long; as do those of *Fenil*, *Vine*, *Liquirish*, &c. For the *Aer-Vessels* containing a more copious *Ferment*, it will well digest and mature the *Sap*: Yet the *Succiferous* being over proportioned to them; the *Sap* will not therefore, be so far volatilized, as to ascend chiefly into the *Trunk*; but only to subserve a fuller Growth of their *Vessels*: which being more numerous, and so more sturdy, and less sequent to the expansive motion of the *Aerial*; this their own Growth, and consequently, that of all the other *Parts*, cannot be so much in Breadth, as Length.

Tab. 2, & 17.

44. §.

44. §. Where the ſame *Aerial Veſſels* are Fewer, or more Contracted, or ſheathed in a Thicker and Cloſer *Barque*; the *Root* is ſmooth, and Tab. 7, 8. leſs *Ramified*, as in *Aſparagus*, *Peony*, *Dandelion*. But where more Numerous, ſheathed in a Thinner *Barque*, Smaller, or more Dilated; Tab. 2, & 7. the *Root* is more *Ramified*, or more *Stringy*, as in *Columbine*, *Clary*, *Beet*, *Nicotian*. For being, as is ſaid, by theſe means, more ſequent to the Attraction of the *Aer*; approaching ſtill nearer the circumference of the *Barque*, they at laſt ſtrike through it, into the *Earth*. And the *Parenchymous Fibres* being wrapped about them, and the (a) P. 1. c. 5. *Succiferous Veſſels* knit to them by thoſe *Fibres*; (a) therefore they §. 12. never break forth naked, but always inveſted with ſome quantity of theſe *Parts* as their *Barque*: where by, whatever *Conſtitutive Part* is in the *main Body* of the *Root*, the ſame is alſo in every *Branch* or *String*.

45. §. From the ſame Expanſion and Pliability of the *Aer-Veſſels*, the *Root* oftentimes putteth forth *Root-Buds*; which gradually ſhoot up and become ſo many *Trunks*. In the Formation of which *Buds*, they are pliable and receſſive all kinds of ways; being not only invited Outward, toward the Circumference of the *Root*, as in *Root-ſtrings*, but alſo ſpread more Abroad every way, ſo as to make a *Root-Bud*: Where as in the ſaid *Root-ſtrings*; they are always more Con- Tab. 6. tracted. Which, in reſpect of the Diſpoſition of the *Parts*, is the principal difference betwixt the *Root* and the *Trunk*, as hath been (b) P. 1. c. 1. ſaid. (b) Hence, thoſe *Roots*, chiefly, have *Root-Buds*, which have §. 2, 3. the ſmalleſt *Aer-Veſſels*; (c) theſe, as is ſaid, being the moſt pliable Tab. 11. and Expanſive. (c) P. 1. c. 4. §. 15.

46. §. But becauſe the expanſiveneſs of the *Veſſels*, dependeth alſo, in part, upon the Fewneſs of their *Braces*; therefore the ſaid *Buds* ſhoot forth differently, in divers *Roots*. Where the *Braces* are fewer, the *Buds* ſhoot forth beyond the Circumference of the *Root*, as in *Je-* Tab. 6. *ruſalem Artichoke*; where more cloſe, as in *Potato's*, the *Buds* lie a little abſconded beneath it; the *Aer-Veſſels* being here, by their *Braces*, ſomewhat checked and curbed in, while the *Barque* continueth to ſwell into a fuller Growth.

47. §. If the *Aer-Veſſels* are all along more equally ſized, the *Root* is ſo alſo, or *Cylindrical*; as are thoſe of *Eryngo*, *Horſe-Radiſh*, *Marſhmallow*, *Liquiriſh*, &c. But if unequal, growing ſtill *wider* towards the *bottom* of the *Root*; then the *Root* is unequal alſo: But groweth, as is obſervable, quite contrarily to the *Aer-Veſſels*; not Greater, as They do; but ſtill ſmaller, or *pyramidally*; as in *Fenil*, *Borage*, *Nettle*, *Patience*, *Thorn-Apple*, &c. is apparent. For the *Aer-Veſſels* peing conſiderably wider about the *bottome* of theſe *Roots*; they there contein a more Copious *Ferment*: Whereby the *Sap* is there alſo more volatilized, and plentifully advanced to the Upper Parts. Withal, thus receiving into themſelves, and ſo traſmitting to the upper Parts, a more plentiful *Vapour*, they hereby rob the *Parenchymous Parts* of their Aliment, and ſo ſtint them in their Growth.

How Roots are diffently Mov'd. Tab. 8.

48. §. FROM THE different *Proportions* and *Situation* of the *Parts*, the *Motions* of *Roots* are alſo various. For where the *Arc-Veſſels* are ſpread abroad and inveſted with a thinner *Barque*; the *Root* runs or lies *Level*, as in the *level-Roots* of *Primroſe*, *Biſhops-weed*, *Anemone*, &c. may

may be seen. So that these *Roots*, as by the *Perpendicular Strings*, which shoot from them into the *Earth*, and wherein the *Aer-Vessels* are contracted into their Center, they are Plucked down (*a*): So by the *Aer-Vessels*, which stand nearer the *Aer*, and more under its Attractive Power (*b*) they are invited *upwards*; whereby they have neither *ascent* nor *descent*, but keep *level*, betwixt both. (*a*) P.1.c.1. §.15. (*b*) P. 2. §. 36.

49. §. But if these *Vessels* are Contracted, standing either in, or near the Centre, and are invested with a *Barque* proportionably Thick; the *Root* striketh down *perpendicularly*, as doth that of *Dandelion*, *Buglofs*, *Parsnep*, &c. And therefore the said *Vessels*, although they are spread abroad in the *level Roots*, yet in the *perpendicular* ones of the same *Plant*, they are always contracted; as by comparing the *Level* and *Down-right Roots* of *Ammi*, *Primrose*, *Jerusalem Artichoke*, *Cowslip*, and others, is manifest. *Tab.* 7, 8.

50. §. If the *Aer-Vessels* are Contracted, and Environed with a greater number of *Succiferous*, the *Root* grows *deep*; that is, *perpendicular* and *long*. (*c*) *Perpendicular*, from the Contraction of the *Aer-Vessels*; (*d*) and *long*, from the Predominion of the *Succiferous*, which in their growth, are extended only by that Dimension, as in *Liquirish*, *Eryngo*, &c. (*c*) P.1.c.1. §. 9. (*d*) P. 2. §. 49.

51. §. If the *Succiferous* are over proportioned to the *Parenchymous Parts*, but under to the *Aer-Vessels*; the *Root* is *perpendicular* still, but groweth *shallow*: The *Succiferous* being sturdy enough to keep it *perpendicular*; But the *Aer-Vessels* having a predominion to keep it from growing *deep*; as in *Stramonium*, *Nicotian*, *Beet*, &c. *Tab.* 7.

52. §. If, on the contrary, the *Parenchymous Parts* are predominant to the *Aer Vessels*; and that, both in the *Root* and *Trunk*; then the whole *Root* changeth place, or *descends*. (*e*) For the said *Aer-Vessels*, having neither in the *Trunck*, nor in the *Root*, a sufficient Power to Draw it *upwards*; it therefore gradually yields to the Motion of its *String-Roots*; which, as they strike into the Soil, Pluck it down after them. And because the old *Strings* annually rot off, and new ones successively shoot down into the *Ground*, it therefore annually still descendeth lower; as in *Tulip*, *Lily*, &c. may be observed. (*e*) P.1. c.1. §. 10. *Lib.*1. c.2.§.25, and 4. *Append.* §. 10. P. 2. §. 36.

53. §. Where the *Aer-Vessels* are much *spread* abroad, and also *numerous*, the *Root* oftentimes, as to its several parts, *descends* and *ascends* both at once. So *Radishes* and *Turneps*, at the same time, in which their nether parts *descend*; their upper, (where the said *Vessels* are more loosely *braced*, and *spread* more abroad than in the lower parts) do *ascend*, or make their Growth *upward*. Hence also, the upper part of most young *Roots* from *Seed*, ascends: Because the first *Leaves*, being proportionably large, and standing in a free *Aer*, the *Aer-Vessels* therein, have a dominion over the young *Root*; and so themselves yielding to the solicitation of the *Aer*, *upwards*; they draw the *Root*, in part, after them. *Tab.* 2.

54. §. BY THE *Situation* and *Proportions* of the *Parts*, the *Age* of the *Root* is also varied. For if the *Sap-Vessels* have the greatest Proportion, the *Root*, is *Perennial*, and that to the farthest extent, as in *Trees* and *Shrubs*. Because these *Vessels* containing a more copious Oyl; (*f*) and their several *Principles* being more closely *Concentred*, they are less subject to a *Resolution*, that is, a Corruption or Mortification by the *Aer*. How Roots are differently Aged. (*f*) P. 2. §. 21.

S 2 55. §.

55. §. If the *Parenchymous Parts* have much the greateſt, the *Root* ſeldom liveth beyond Two Years; but afterwards periſheth either in whole, or in part; as do divers *bulbous*, *tuberous*, and other *Roots*; whether they are more Porous and Succulent, or more Cloſe and Dry. If Porous, all the *Liquid Principles* ſtanding herein more abundant, either by a ſtronger Fermentation, or otherwiſe, Reſolve the *fixed ones* of the *Organical Parts*; whence the whole *Root*, rots; as in *Potato's*. So alſo *Parſneps*, and ſome other *Roots*, which, in a hard and barren *Soil*, will live ſeveral years, in another more rank, will quickly rot. If the *Parenchyma* be Cloſe, then the *Aer*, chiefly, entring in and filling it up, thus mortifies the *Root*; not by Rotting the *Parts*, but over Drying them; as in *Satyrion*, *Rape-Crowfoot*, *Monks-hood*, &c. (*a*)

(*a*) P.1.c.1. §. 13,16. & P.2.§. 28.

56. §. But if the *Aer-Veſſels* have the *greateſt Proportion*, and eſpecially if they are more *large*, and withall, are *ſpread* more abroad: the *Root* is *Annual*, as in *Thorn-Apple*, *Nicotian*, *Carduus Ben.* &c. And of the ſame Kindred, if any, thoſe are *Annual*, which have the moſt *Aer-Veſſels*. So *Endive* and *Sonchus*, which have ſtore of *Aer-Veſſels*, are both *Annual*: whereas *Cichory*, in which they are fewer, is a *Perennial Root*. For hereby a more copious *Aer* being Tranſfuſed into all the other *Parts*; (*b*) they are thus, by degrees, hardned, and become ſticky; and ſo impervious to the *Sap*, which ought to have a free and univerſal Tranſition from *Part* to *Part*. As *Bones*, by *Precipitations* from the *Blood*, at length, ceaſe to grow. Or the ſame more abundant *Aer*, ſo far *volatilizeth* the *Liquors* in the *Root*, that they are wholly advanced into the *Trunk*, and ſo the *Root* is ſtarved. Whence alſo the *Aer-Veſſels* of the *Trunk*; where they are numerous, and over proportioned to the *Bulk* of the *Root*, as in *Corn*; they ſo far promote the advance of the *Sap*, as to exhauſt the *Root*, ſucking it into a Conſumption and Death.

Tab. 9.

(*b*) P. 2. §. 25,26.

How the *Contents* of the ſeveral *Parts* are made.

57. §. FROM THE *Principles* of the *Parts*, their *Contents* and the ſeveral *Qualities* hereof are alſo various; (*c*) the *Fluid* of each *Organical Part*, being made, chiefly, by *Filtration* through the ſides thereof; ſuch of the *Principles* in the *Sap*, being admitted into, and tranſmitted through them, as are apteſt thereunto. In the like manner, as when *Oyl* and *Water*, being poured upon a Paper, the *Water* paſſeth through, the *Oyl* ſticks: or as the *Chyle* is ſtrained through the *Coats* of the *Guts*, into the *Lacteal Veſſels*: or as *Water* in *Purgations*, is ſtrained through the *Glands* of the ſame *Guts*, from the *Meſenterical*.

(*c*) *Idea*, §. 54.

58. §. The *Principles* therefore of the *Parenchymous Fibres* being *ſpirituous*, *acid*, and *aerial*, they will alſo admit the like into them; excluding thoſe chiefly which are *Alkaline* and *Oleous*. (*d*) And as by the *Conjugation* of ſuch *Principles* in the *Fibres*, the like are capable of *admittance* into their Body: ſo the *Proportion* and *Union* of the ſame *Principles*, regulates the *tranſmiſſion* hereof into their *Concave*. Wherefore, the predominant *Principles* of the *Fibres* being chiefly *acid*, next *ſpirituous*, and *aery*, the more *aery* ones will be *tranſmitted*. For if more of *them* ſhould *fix* they muſt do ſo by ſimilitude and adheſion: But where there are fewer ſimilary parts to adhere to, fewer muſt adhere. The *Fibres* therefore contain ſo many parts of *Aer*, as to *admit* many

(*d*) P. 2. §. 19.

many more into their Body; but not to *fix* them; which therefore must needs, upon admission, pass through into their *Concave*; where, together with some other more *spirituous* parts, they make an *Ætherial Fluid*. And because some *aqueous* or *vaporous* parts will also strain through with them; hence it is, that as more and more of these enter, they by degrees still thrust out the *aery* ones; which quitting the more *succulent Fibres* of the *Parenchyma*, are forced to betake themselves to the *dryer* ones, *scil.* all those, whereof the *Diametral Portions* do consist. For the same reason the *Aery* parts being gradually excluded the *succulent Fibres* of the *Barque*; they are forced to recede and transmigrate into those of the *Pith*. And the *Fibres* of the *Pith* themselves being filled, aud the *Aery* parts still forced into them; they at length also strain through the *Fibres* into the *Bladders*: whence it comes to pass, that while the *Barque* is *succulent*, the *Pith* is often times filled with *Aer*.

59. §. The *Lymphæducts* being more *earthy*, *Salinous*; *oleous*, and *aqueous*, will both *admit* and copiously *fix* the like *Principles*, as their proper Aliment. The *Water* being more *perfluent* than the rest, will therefore strain, with a lighter *Tincture* of them, into their *Concave*. Especially the *Oleous* parts of these being *rampant*, and less apt to *fix* and *seize* the *aqueous*, upon their entrance, than the *saline*. (a) P. 2. §. 21.

60. §. The *Lactiferous*, appearing to be made, chiefly, by the Constipation of the *Parenchymous Parts* all round about their Sides; the *Liquor* conteined in those *Parts*, although it may easily enough be transfused into the Hollow of these *Vessels*; yet seems it not, with equal facility, to be refunded thence: So that the *thinner* and more *aqueous* Portion only, passing off; the remainder, is, as it were, an *Oleous Elixyr*, or extract, in the form of a *Milk*.

61. §. The *Fluid Ferment* contained in the *Aer-Vessels*, is also in part, dependent on the *Principles* of those *Vessels*, being in their percolation *tinctured* therewith. But because the percolation is not made *through* the *Body* of the *Fibres* whereof the *Vessels* are composed, but only *betwixt* them; therefore the transient *Principles* more promiscuosly, yet with an over porportion of dryer Particles, pass into the *Concaves* of these *Vessels*, and so are herein all immersed in a Body of *Aer*. (b) The *Fibres* themselves, in the mean time, as those of the *Parenchyma*, admitting and containing a more *Aery* and *Ætherial Fluid*. (b) P. 2. §. 24.

62. §. The *Contents* are varied, not only by the *Nature*, but also the *Proportion* and *Situation* of the *Parts*, whereby the said *Contents* are with different Facility and Quantity, communicated one to another. Hence it is, partly, that a *Vine*, or that *Corn*, hath so little *Oyl*: *sc.* Because their *Aer-Vessels*, in proportion with the other *Parts*, are so *Great* and *Numerous*: in *Corn*, the *Stalk* being also very hollow, and so becoming as it were, one Great *Aer-Vessel*. For the *Oily* parts of the *Sap*, are so exceedingly *attenuated* (c) by the *Aery Ferment* contained in these *Vessels*; that they are, for the most part, so far *immersed* in the *Spirit*, or mixed therewith, as not, by being collected in any considerable Body, to be distinguishable from it. And the affinity that is betwixt *Spirits* and *Oils*, especially *Essential*, is manifest: Both are very inflammable; Both will burn all away; The *Odors*, which we call the *Spirits* of *Plants*, are lodged in their *essential Oyl*; Both, being duly (c) P. 2. § 25, & 56.

duly *Rectified*, will mix as easily together, as *Water* and *Wine*. So that, although *Oyl*, by the separation of its *earthy* and *Saline* parts, which give it its sensibly *oleous* Body, may not be so far *attenuated*, as to *produce* a *Spirit*; yet that it may so far be attenuated, and so be mixed therewith, as *not to be discerned from it*, as in the forementioned *Plants*, will be granted.

(a) *Tab.* 9. & 16. 63. §. Hence it is, that the *Lactiferous* standing more remote from the *Aer-Vessels*, and the *Succiferous* interposing; (*a*) the *Liquor*, therefore, contained in them, is not so much under the government of the *Aerial Ferment*, and is thence, partly, more *Oily*. For the same reason, all *Roots* which are *Milky*, so far as I have observed, have an under-proportion of *Aer-Vessels*; these being either Fewer or Smaller.

How the *Odours* of *Plants* are made. 64. §. FROM what hath been said, we may receive some information, likewise, of the *Odours*, *Colours*, and *Tastes* of *Plants*. And for *Odours*, I suppose, That the chief Matter of them, is the *Aerial Ferment* contained in the *Aer-Vessels*. Not but that the *other Parts* do also yield their smell; but that *these* yield the *strongest* and the *best*, and *immediately* perceptible in *fresh*, *undryed* and *unbruised Plants*. For the *Aer* entring into, and passing through the *Root*, and carrying a *Tincture*, from the several *Organical* and *Contained* Parts, along with it, and at last entring also the *Concaves* of the *Aer-Vessels*; it there exists the most *Compounded* and *Volatile Fluid*, of all others in the *Plant*, and so the fittest matter of *Odour*: and such an *Odour*, as answers to that of all the *Odorous* parts of the *Plant*. (*b*) Wherefore the *Organical Parts*, being well clensed of their *Contents*, smell not at all; Because the *Principles* hereof are, as hath been said, so far *fixed* and *concentred* together. Hence also the *Contained Parts* themselves, or any other Bodies, as their *Principles* are any way more *fixed*, they are less *Odorous*: So is *Rosin*, less than *Turpentine*, and *Pitch*, than *Tar*; and many the self same Bodies, when they are *coagulated*, less than when they are *melted*. So also *Musk*, which is not so liquid as *Civet*, is not so strong; nor *Ambergreece*, as *Musk*: For although it hath a more excellent smell, than *Musk* hath, yet yieldeth it not so easily; since it is a more *fixed* Body, and requireth some *Art* to be opened. Hence also the *Leaves* of many *Plants* lose their *Odour* upon *rubbing*: Because the *Aer-Vessels* being thereby broken, all their *contained odorous Fluid* vanisheth at once: which before, was only strained gradually through the *Skin*. Yet the *fixed* Parts themselves, upon drying, are so far altered by the *Sun* and *Aer*, as to become resoluble, and volatile, and thence odorous.

(*b*) P. 2. §. 24.

How their *Colours*. 65. §. SO ALSO of their *Colours*. As whence the *Colours* of the *Skins* are varied. For divers of the *Sap-Vessels*, together with the *Parenchymous Parts* successively falling off from the *Barque* into the *Skin* (*c*) by their proximity to the *Earth* and *Aer*, their *Sulphureous* or *Oleous Principle* is more or less *resolved*, and so produceth divers *Colours*. So those *Roots* which turn *purple* any where within, have usually a *blacker Skin*; the one of those two *Colours* being, by a resolution and corruption of parts, easily convertible into the other, as in *Cumfry*, *Thistle*, &c. So the *Milk* of *Scorzonera*, contained in the *Vessels* of the *Barque*, upon drying, turneth into a *brown Co-*

(*c*) P. 1. c. 2. §. 2, 4.

lour:

lour: Wherefore the *Skin*, in which there are divers of thoſe *Veſſels*, is of the *ſame*. So both the *Milk* and *Skin* of *Lovage* is of a browniſh *yellow*. But *Parſnep* hath a clearer *Sap* in all its *Veſſels*, and a whiter *Skin*. So *Potato's*, being cut traverſe, after ſome time out of ground, have divers *red* ſpecks up and down where the *Veſſels* ſtand, and their *Skin* is accordingly *red*.

66. §. The reaſon, I ſay of theſe *Colours*, is the *reſolution* or *reſeration* of the *Principles* of the ſeveral *Parts*, chiefly, by the *Aer*, and a *lighter mixture* of them conſequent thereupon: whereby the *Sulphureous* or *Oyly Parts*, which were before *concentred*, are now more or leſs *rampant*, diſcovering themſelves in divers *Colours*, according as they are diverſly mixed with the other *Principles*. Hence theſe *Colours* are obſervable, according to the nature of the *Parts wherein* they *are*, or whereunto they are *adjacent*: So where the *Lympheducts* doe run, there is a *Red*, or ſome other *Sulphureous Colour*; the *Oleous Principles* being, as is ſaid, (*a*) more copious in theſe *Veſſels*; as (a) P. 2. in the *Bark* of *Peony*, the inward parts of *Potato's*, &c. may be §. 21. ſeen. But the *Parenchymous Parts*, where more remote from the ſaid *Veſſels*, they are uſually *White*, or but *Yellow*: the *Sulphureous Principle* of theſe *Parts*, being, as hath been ſaid, but ſparing. (*b*) The (b) P. 2. ſame is ſeen in thoſe *Roots* which ſhew both *Red* and *Yellow*: thoſe §. 20. *Parts*, principally, where the *Succiferous Veſſels* run, being *Red*; but thoſe *Parts*, where only the *Aer-Veſſels* are mixed with the *Parenchymous*, being *Yellow*; as in *Patience*. So likewiſe the *pithy* part of a *Carrot*, where the *Aer-Veſſels* have very few *Succiferous* mixed with them, is *Yellow*; but the *Barque*, where the *Succiferous* are very numerous, is *Red*. For the ſame reaſon, many *Roots*, which are *Whiter* in their upper parts, are *Purple* or *Reddiſh* in their inferiour, as *Avens*, *Strawberry*, &c. Becauſe thoſe lower parts, having lain longer (*c*) under ground (theſe being *deſcending Roots*) their (c) P. 1. *Principles* are, thereby, ſomewhat more *reſolved*, and ſo the *Oleous*, *ramp* §. 13. and ſpread all over the reſt in that *Colour*.

67. §. And that the *Reſolution* of the *Sulphureous* and other *Principles* is partly effected by the *Aer*, appears, In that, where the *Aer* hath a free acceſs to the *Succiferous Veſſels*, the *Colours* are there, chiefly produced, or are more conſpicuous. So in *Potato's*, where the *Succiferous Veſſels* are either next to the external *Aer*, as in the *Skin*; or contiguous with the *Aer-Veſſels*, as in the *Ring* within the *Barque*; there, they produce a *Red*: but where more remote from both, as in the middle of the *Barque*, and Centre of the *Root*, there they produce none. Hence alſo it is, that the *Leaves* and *Flowers* of ſome *Plants*, as *Bloodwort*, *Wood-Sorrel*, *Radiſh*, *Jacea*, &c. although *Green* or *White* in the greateſt portion of their *Parenchymous Part*; yet where the *Succiferous* and *Aer-Veſſels* run together, they are of *Red*, *Blue*, and other *Colours*; the *Oleous parts* of the *one*, being *unlocked* and *opened*, by the *aery* of the *other*.

68. §. AND LASTLY, of their *Taſts*. Moſt *Roots* which are How their *acres* or *bitting*, have a very copious *Parenchyma* in proportion with *Taſtes*. the *Succiferous Veſſels*, as of *Arum*, *Dragon*, and others: Becauſe the *Saline* and other *Principles* are not ſo much *hot*, by any ſufficient quantity of *Sulphureous*, from thoſe *Veſſels*, in which the *Sulphur*, as is ſaid, is more abundant; (*a*) but rendred rather *pungent*, from (a) P. 2. §. 21.

ſome

ſome *Spirit* and *Aer*. But divers *Umbelliferous Roots*, eſpecially which abound with *Lactiferous Veſſels*, are *hot*; as *Fenil*, *Lovage*, *Angelica*, &c. Yet is it not their *Oyl* alone that makes them *hot*, but the combination thereof with the *Saline* Parts: as is manifeſt, from the nature of the *Seed* of theſe *Plants*; wherein, as the *Oyl* is moſt copious; So being held to a Candle till they burn, conſtantly *ſpit*; which cometh to paſs, by the eruption of the *Saline* Parts: and is the very ſame effect, with that which followeth upon burning of *Serum* or *Blood*. And therefore, as theſe *Seeds* are more *hot*, they alſo *ſpit* the more; So thoſe of *Cumine*, which, though fulſom, yet are not ſo *hot*, *ſpit* leſs; *Fenil* and *Dill*, which are *hotter*, more; there being a greater quantity of *volatile Salt* contained herein. Hence all *Eſſential Oyls* are *hot*, the *Spirit* and *volatile Salt*, being incorporated herewith. And ſome of them will *ſhoot*, and cryſtallize as *Salts* do, as that of *Aniſe*; which argues a mixture of a conſiderable quantity of *volatile Salt*. As alſo doth the Nature of theſe *Oyls*, in being amicable to the *Stomach*, *Carminative*, and ſometimes *Anodyne*; *ſcil.* as they kill ſome *fetid*, or *corroſive Acid*: for *volatile Salts* themſelves will have the like operation in ſome caſes as theſe *Oyls*.

69. §. Many *Lactiferous Roots*, as *Taraxacum* and others of that kind, are not ſo much *hot*, as *bitter*. For although by the *Lactiferous Veſſels* they are very *Oyly*; yet thoſe *Veſſels* being poſited in *Rings*, and not in *Rays*, and having no *Diametral Portions* running through their *Barque* to the *Aer-Veſſels*; the *Acido-Aerial Parts* do hereby, al-
ab. 13. though not *mortifie*, yet ſo far *refract* the *ſaline*, lightly *binding up* the *Oleous* therewith, as to produce a *bitter Taſte*. So, many *ſweet* Bodies, upon burning, become *bitter*; the *Acid* Parts, now becoming *rampant*, and more copiouſly mixed with the *Oleous*.

70. The *Roots*, or other Parts, of many *Umbelliferous Plants*, have a *ſweetiſh Taſte*, as both the *Sweet*, and *Common Chervil*; both the *Garden*, and *wild Carrot*; *Parſnep*, *Fenil*, &c. the *Saline Principles* being *concentred* in the *Oyly*, and both of a moderate quantity with reſpect to the reſt. For by the *Oyly*, the *Saline* is rendred more *ſmooth* and amicable; and both being moderate, they are not therefore *hot*, as in ſome other *Umbelliferous Roots*; but by the predominion of the other *Principles*, made *mild*. Hence it is, that *Sugar* it ſelf is *ſweet*, *ſcil.* becauſe it is an *Oleous Salt*; as is manifeſt, from its being highly *inflammable*; its eaſie *diſſolution* by a moderate, *Fire*, without the addition of *Water*; and in that, being melted with *Turpentine*, and other *Oily* Bodies, it will *mix* together with them. So alſo the *Acid Parts* of *Vinegar*, being *concentred* in the *Salino-ſulphureous* of *Lead*, produce a *Sugar*. Hence *Barley*, which upon *Diſtillation* or *Decoction* yeildeth only an *acid*; being turned into *Mault*, becomes *ſweet*. Becauſe, being *ſteeped*, *couched*, and ſo *fermented*, the *oleous* parts are thereby *unlocked*, and becoming *rampant*, over the other *Principles*, altogether produce that *Taſte*. And the *Bile* it ſelf, which, next to *Water* and *Earth*, conſiſteth moſt of *oily* parts, and of many both *ſaline* and *acid* is a *bitter-ſweet*. Wherein, as ſome of the *Saline* and *Acid* parts, ſmoothed by the *Oleous*, produce a *Sweet*: So, ſome of the *Oleous*, impregnated with the *Saline*, and the *Acid*, doe hereby produce a *Bitter*.

THE

THE EXPLICATION OF THE TABLES,

Reduced to a narrow compaſs; as ſerving to clear thoſe Particulars, chiefly, which the *Deſcriptions* before given, have not reached.

The TABLES to the First BOOK, *are Four.*

TAB. I. Figure 1, a, *The Foramen.*

F. 2, a, *the Radicle lodged in the Body of the Iner Coat.*

F. 3, a, *the Radicle*, b, *the Plume or Bud.*

F. 4, *the Seed covered*; c, *the Seed open*; e, *the ſame magnified.*

F. 5. a, *the Corn covered*; c, *naked and a little magnified.*

F. 6. a, b, *the two Lobes*; e, *the Radicle*; c, *the Radicle and Bud*; d, *the Hollow in which the Bud lies.*

F. 7. a, *the Seed covered*; c, *naked*; e, *open.*

F. 8. a, *one Lobe*; --b, *the Bud*; b, *magnified.*

F. 9. *the Slice a little magnified.*

F. 10. *The Radicle* d, *cut tranſverſly* c.

F. 11. *The Plume or Bud* a, *cut tranſverſly* c.

F. 12. *Cut by the Length.*

F. 13. *A Lobe cut tranſverſly.*

F. 14. *Both the Lobes pared by the Length, to ſhew the Seminal Root.*

F. 15. a, *the convex ſide of one Lobe, ſhewing the Seminal Root without cuting*; c, *the flat ſide.*

TAB. II. F. 1, 2, & 3. *ſhew the gradual converſion of the Lobes of the Seed, into Leavs.*

F. 4. a, *the Radicle cut by the length*; b, *tranſverſly.*

F. 5. *The white Wedges, are the Inſertions*; *the black, are the Wood*; *the pricks are the Aer-Veſſels*; *and the black half ovals, the Lymphednets in the Barque.*

F. 6. *The three black Rings, are the terms of three years growth.*

F. 7. a, *the upper part*; b, *the lower.*

F. 8. *A Turnep cut tranſverſly, and part of the Rind cut off.*

F. 9. *ſheweth the gradual growth of the Pith.*

TAB. III. F. 1. *The Bud cut tranſverſly, and part of the Radicle by*

by the Length, in a Bean newly sprung up.

F. 2. *sheweth the Wood as it appears to the naked Eye.*

F. 3. *the Cane split down.*

F. 4. *the Corn newly sprouted.*

F. 5. *A Branch of five years growth. From the Circumference, to the utmost black Ring, goes the Barque.*

F. 6. a, *a piece of the Stalk*; b, *magnified.*

F. 7. a, *a piece of Oak-wood cut transversly*; b, *the same magnified. The white Lines are the lesser and greater Insertions. The Pricks, are the Wood. The little and great Holes two sorts of Aer-Vessels.*

F. 8. *Part of a Branch ten years old, with the Barque stripped off, and cut both transversly and down the length, to shew how the Barque is inserted into the Wood.*

TAB. IV. F. 1. *shewing how the Insertions appear, in a piece of Beech-Tree split down, to be braced or woven in together with the Wood.*

F. 2. *to* 11. *shew the different position and Figure of the Lignous Fibers.*

F. 12. a, *one of the Thecæ Seminiformes in a Lily, with the spermatick Powder therein, as apparent to the naked Eye.*

F. 13. a, *one of the suits in the Florid Attire, as it appears to the naked Eye*; b, *the Floret*; c, *the Sheath*; d, *the Blade.*

F. 14. *Wherein the white Pentangular Acetary is bounded by the Calculary.*

F. 15. *The Branches which run through the Stone to the Flower and Seed.*

F. 16. *The Innermost Cover of the Seed, as shaped when it is ripe.*

F. 17. *The Coats cut open.*

F. 18. *The Seminal Root.*

The *TABLES* to the *Second BOOK* are Thirteen.

TAB. V. *sheweth the generation of Roots out of the Descending Trunk. So F. 6. is a treble Root of three years descent; the lowermost, half-roted off.*

TAB. VI. F. 1. *sheweth the Surface of the Barque.*

F. 2. *the midle part.*

F. 3. *the Barque striped.*

F. 4. *the Root cut down the length.*

F. 5. *the Barque striped off.*

F. 6. *the Network both of the Lympheducts, and of the Aer-Vessels.*

F. 7. *the Generation of a Bud.*

F. 8, 9, 10, 11. *The Root split down, to shew the Position of the Vessels, and the Figure of the Pith at the top of the Root.*

TAB. VII. *The Roots all cut transversly, and their Varieties described, in the second Book, as they appear to the naked Eye.*

TAB. VIII. *Other Roots cut transversly, and the varieties of their Parts also described in the second Book.*

TAB. IX. *More Roots cut transversly.*

TAB. X. F. 1. *A Slice of the Root cut transversly; but a little too big for the life.*

F. 2. AA, *One half of a like Slice.*

b b, *The Skin.*

AA DD, *The Barque or all that part of the Root analogous to it.*

GD, *The Lympheducts on the inner edge of the Barque.*

GG, *The Wood.*

GT, *The Aer-Vessels therein.*

TT, *The Pith.*

TAB. XI. F. 1. *The Neck of the*

the Root cut transversly.

F. 2. *One half of the same split down.*

F. 3. *Magnified.*

AB, *The Skin.*

A E, *The Barque.*

E E, *The Lympheducts.*

The black Columns under them, are the Wood.

The Holes in the Columns are the Aer-Vessels.

The white Columns E L, *are Insertions betwixt the Barque and the Pith.*

L c, *The Pith.*

c c, *The angular Bladders of the Pith.*

TAB. XII. A, *one half of* F. 1. *magnified.*

A b, *The Skin.*

A G, *The Barque, or all that part of the Root which answers to it.*

In which the round black spots, are the Muciducts.

D G, *The common Lympheducts.*

DT, *The Pithy Part of the Root.*

T T, *More Lympheducts.*

In both which, the black Holes are the Aer-Vessels.

TAB. XIII. A, *One half of* F. 1. *magnified.*

A C, *The Skin.*

AG, *The Barque, or that part of the Root which answers to it.*

DD, *The Milk-Vessels placed in Rings.*

E E, *The Parenchymous Rings betwixt them.*

GT, *The Bladders streaming in Rays, by the mixture of the Lympheducts with the Lacteals.*

GG, *To the Centre, the Wood.*

In which the Holes are the Aer-Vessels.

TAB. XIIII. A b., *The skin, which should have been thicker.*

AF, *The Barque.*

G b, *The Bladders in the outer part of the Barque, oblong and postured circularly.*

SS *The Bladders in the inner part, standing in Arches.*

FF, *A Ring of Sap-Vessels.*

d d, *Parenchymous Insertions.*

d L d, *The Wood.*

In which, the Holes edged with white Rings are the Aer-Vessels.

TAB. XV. A A, *The Skin.*

AB, *The Barque.*

BL, *The Sap-Vessels in the form of a Glory.*

BE, *The Wood.*

In which, the Holes are the Aer-Vessels.

GE, *A Ring of more Sap-Vessels.*

EE, *The Pith.*

TAB. XVI. A b, *The Skin.*

A C, *The Barque.*

In which the round Holes B, *are Balsame-Vessels.*

B. C. *Parcels of Lympheducts.*

In which there are more Balsame-Vessels.

C D, *Parenchymous Insertions.*

DE, *Parcels of Wood,*

In which the Holes are the Aer-Vessels.

TAB. XVII. A, *the Skin.*

A B, *The Barque.*

LS, *A parcel of Sap-Vessels.*

LI, *A Parcel of Wood.*

In which the Holes great and small are Aer-Vessels.

BB, *Parenhcymous Insertions betwixt the parcels of Wood.*

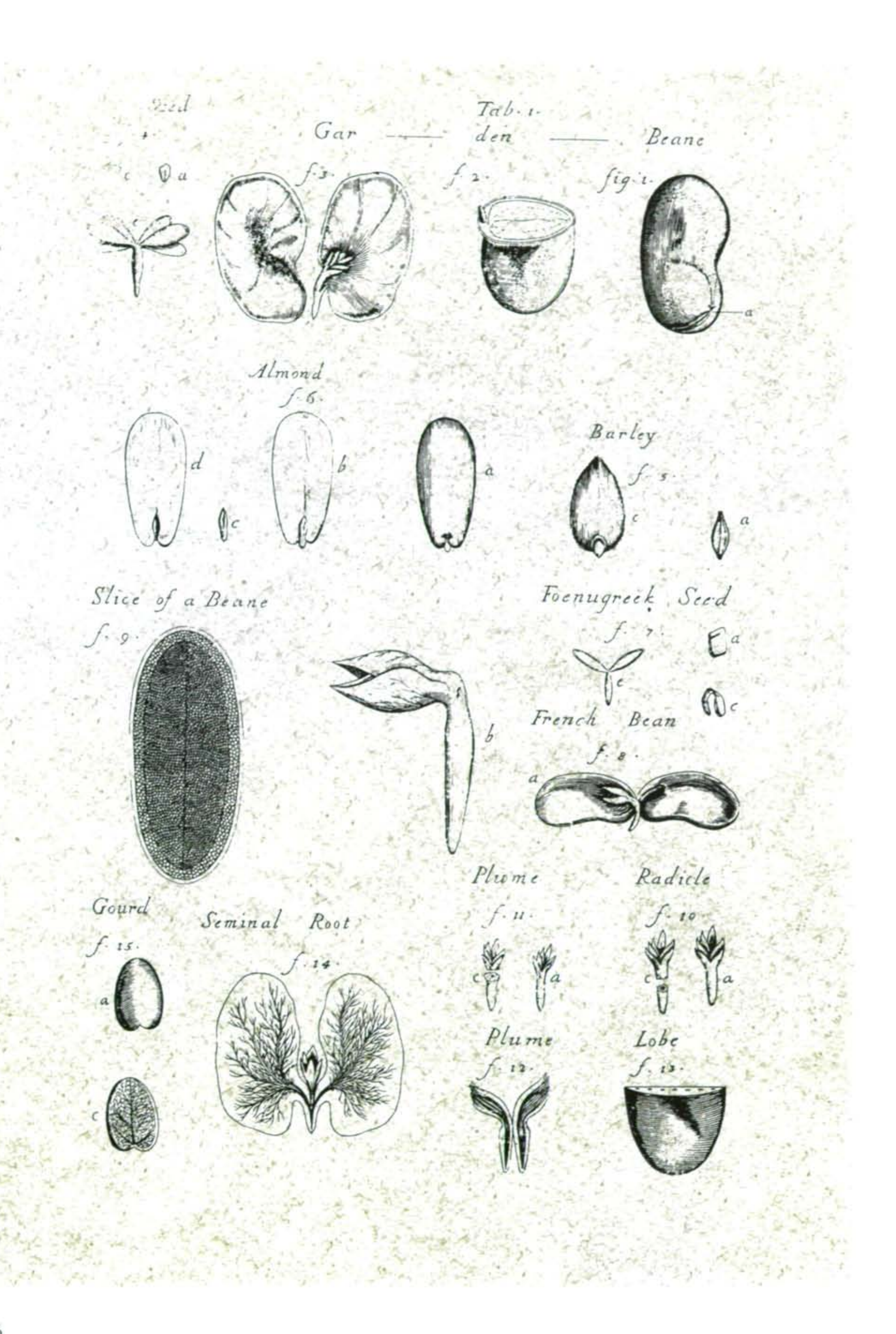
D D, *Others within them.*

The *TABLES* to the *Third BOOK* are 23.

TAB. XVIII. *Hereof see the Description in the Third Book*, Chap. 1.

TAB. XIX. F. 1. *A Branch of Corin Tree.*

A, *sheweth the surface of the Barque.* B.


Tab. 1.
Gar — den — Beane
f. 3.
f. 2.
fig. 1.
Almond
f. 6.
Barley
f. 5.
Slice of a Beane
f. 9.
Foenugreek Seed
f. 7.
French Bean
f. 8.
Plume
f. 11.
Radicle
f. 10.
Gourd
f. 15.
Seminal Root
f. 14.
Plume
f. 12.
Lobe
f. 13.

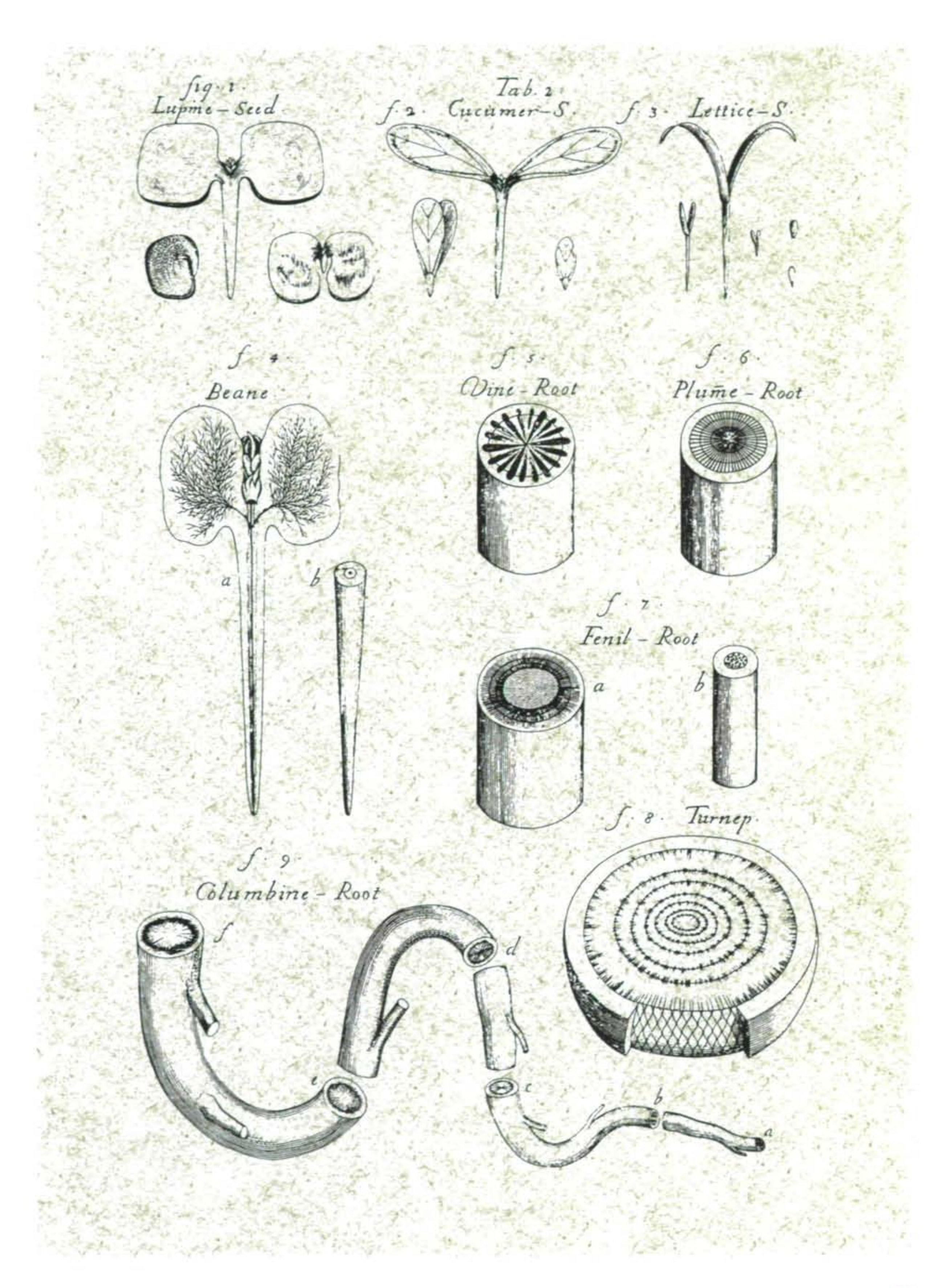
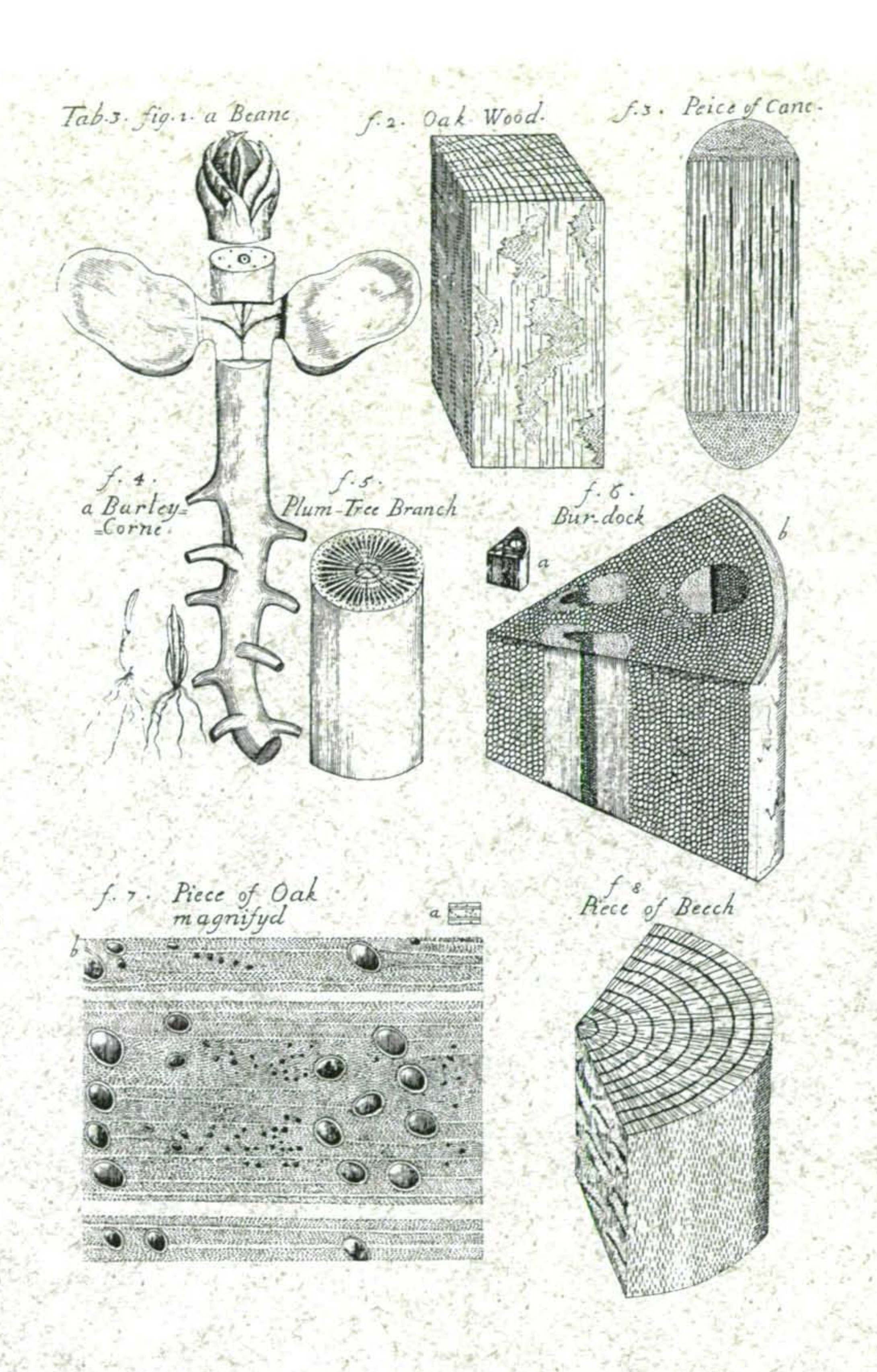
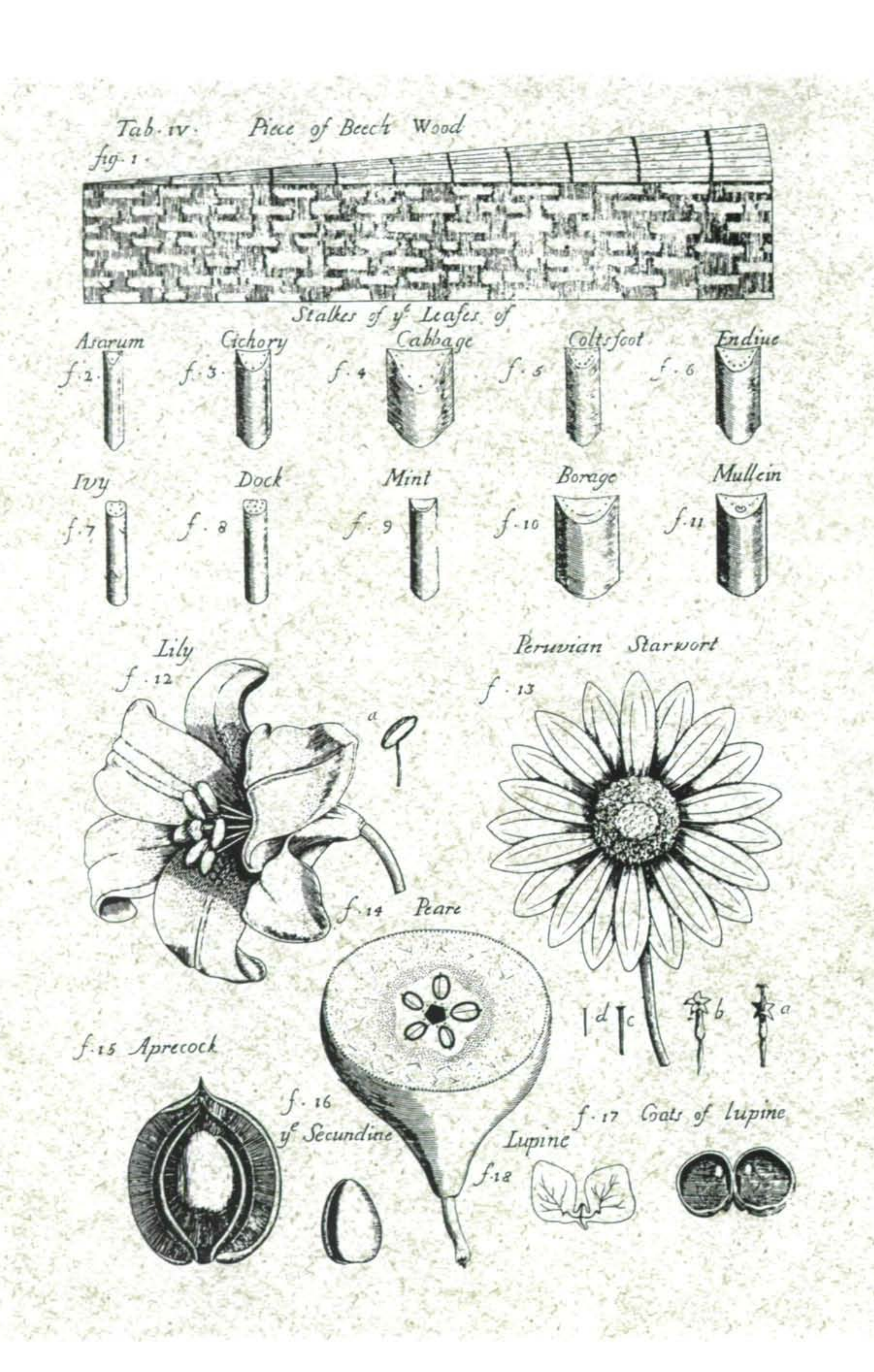
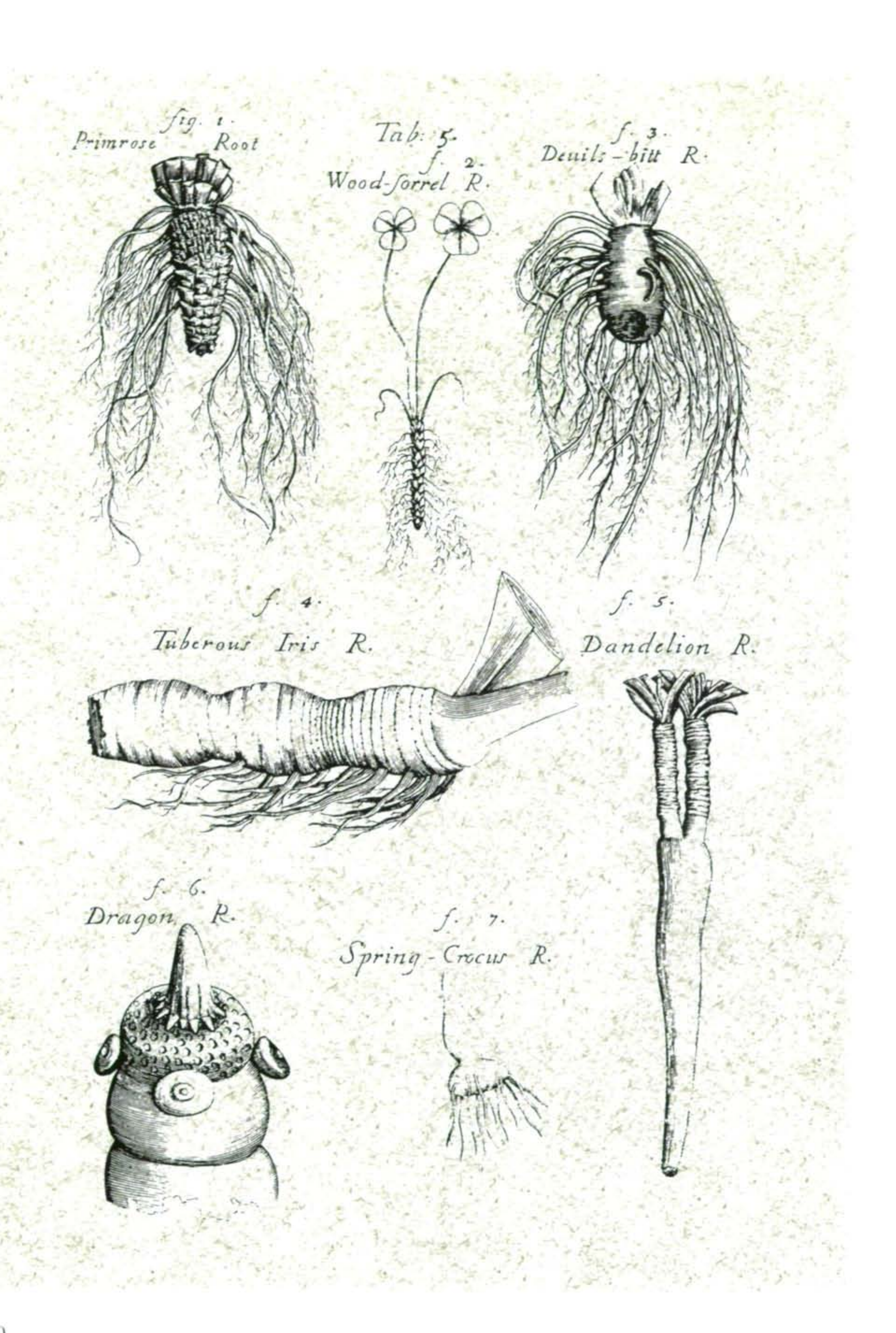


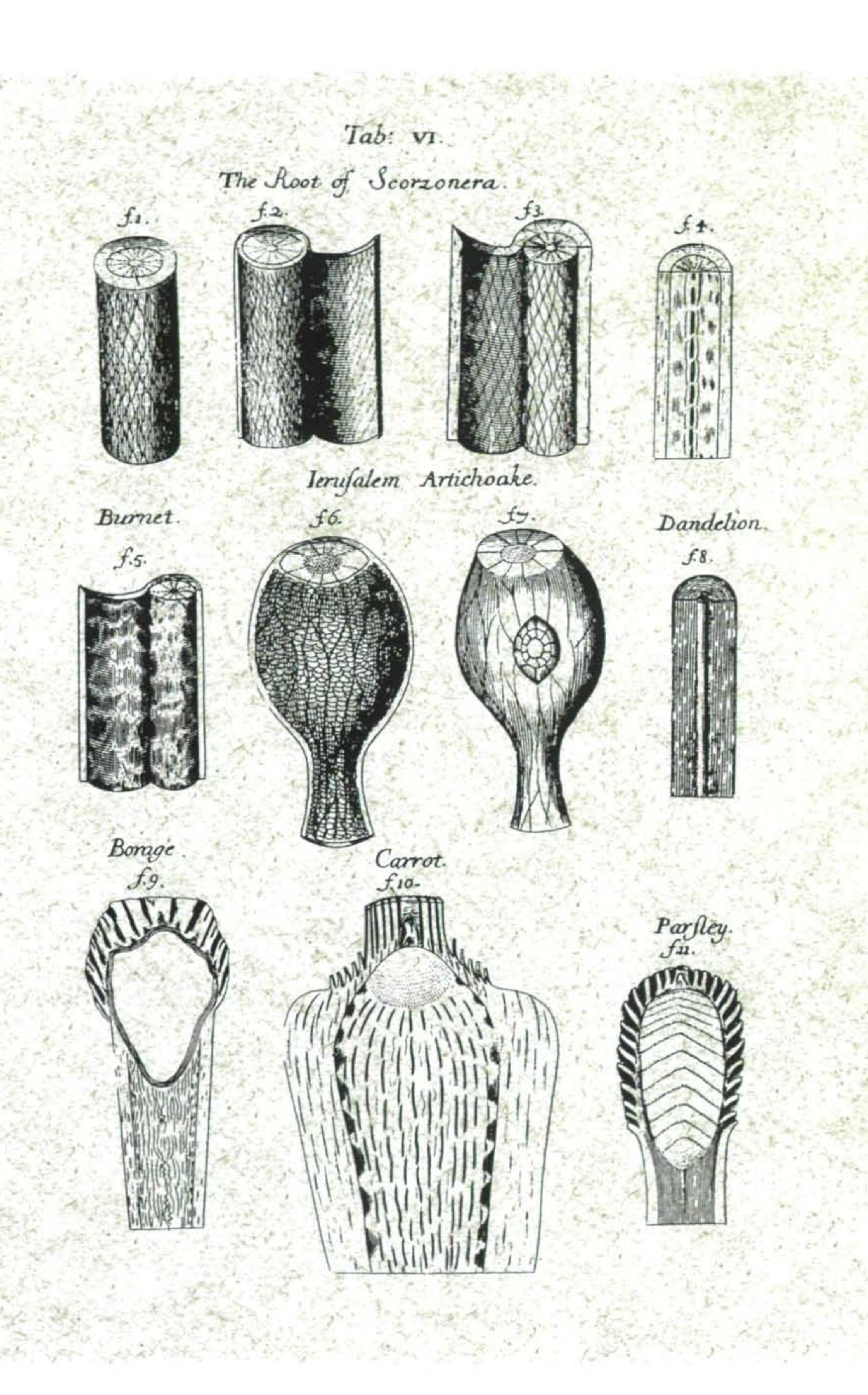
fig. 1.
Lupine - Seed
Tab. 2
f. 2. Cucumer - S.
f. 3. Lettice - S.
f. 4.
Beane
a
b
f. 5.
Vine - Root
f. 6.
Plume - Root
f. 7.
Fenil - Root
a
b
f. 8. Turnep.
f. 9
Columbine - Root
f
d
e
c
b
a

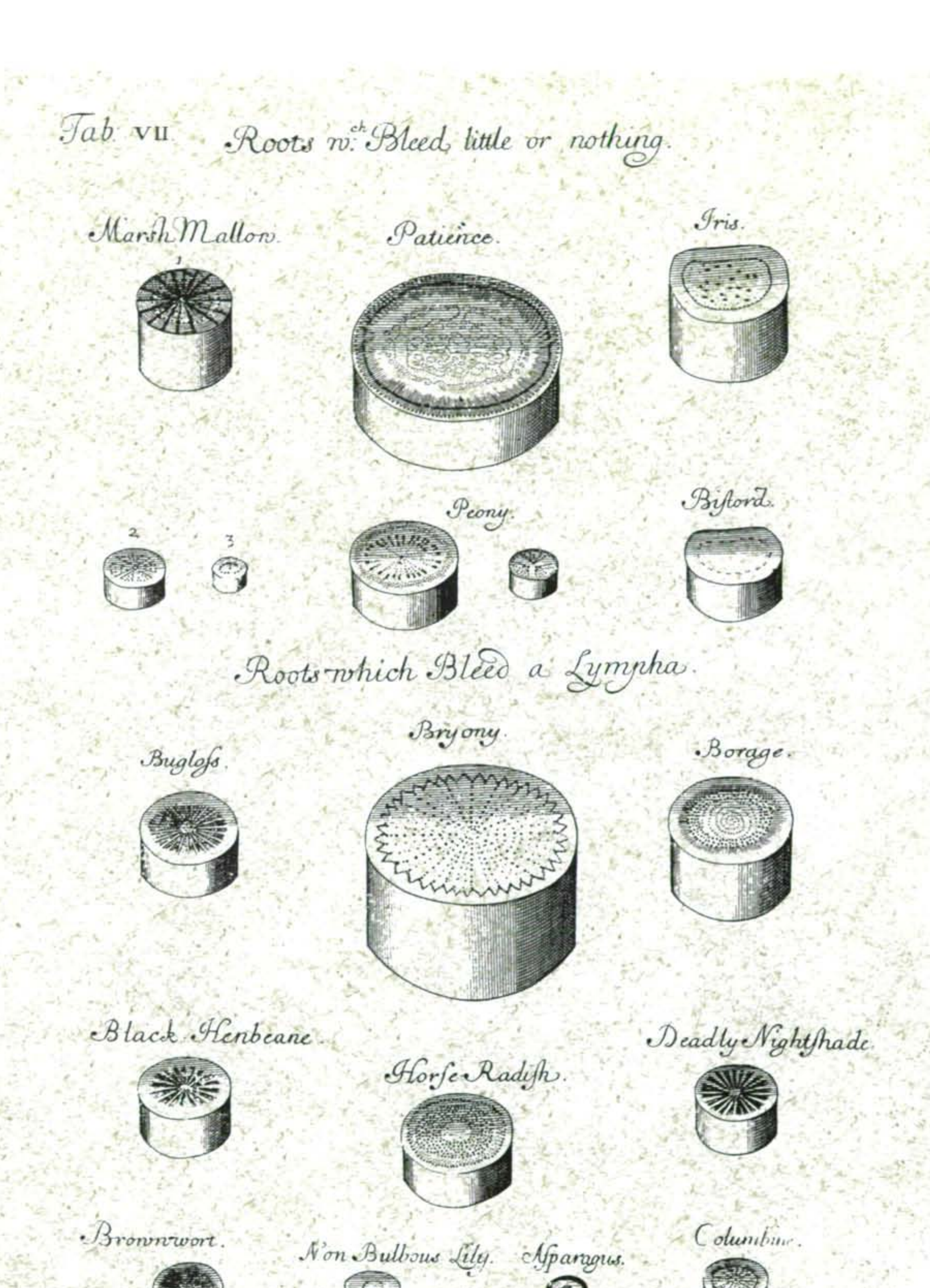

Tab.3. fig.1. a Beane
f.2. Oak Wood.
f.3. Peice of Cane.
f.4. a Burley=Corne
f.5. Plum-Tree Branch
f.6. Bur-dock
a
b
f.7. Piece of Oak magnifyd
a
b
f 8 Piece of Beech

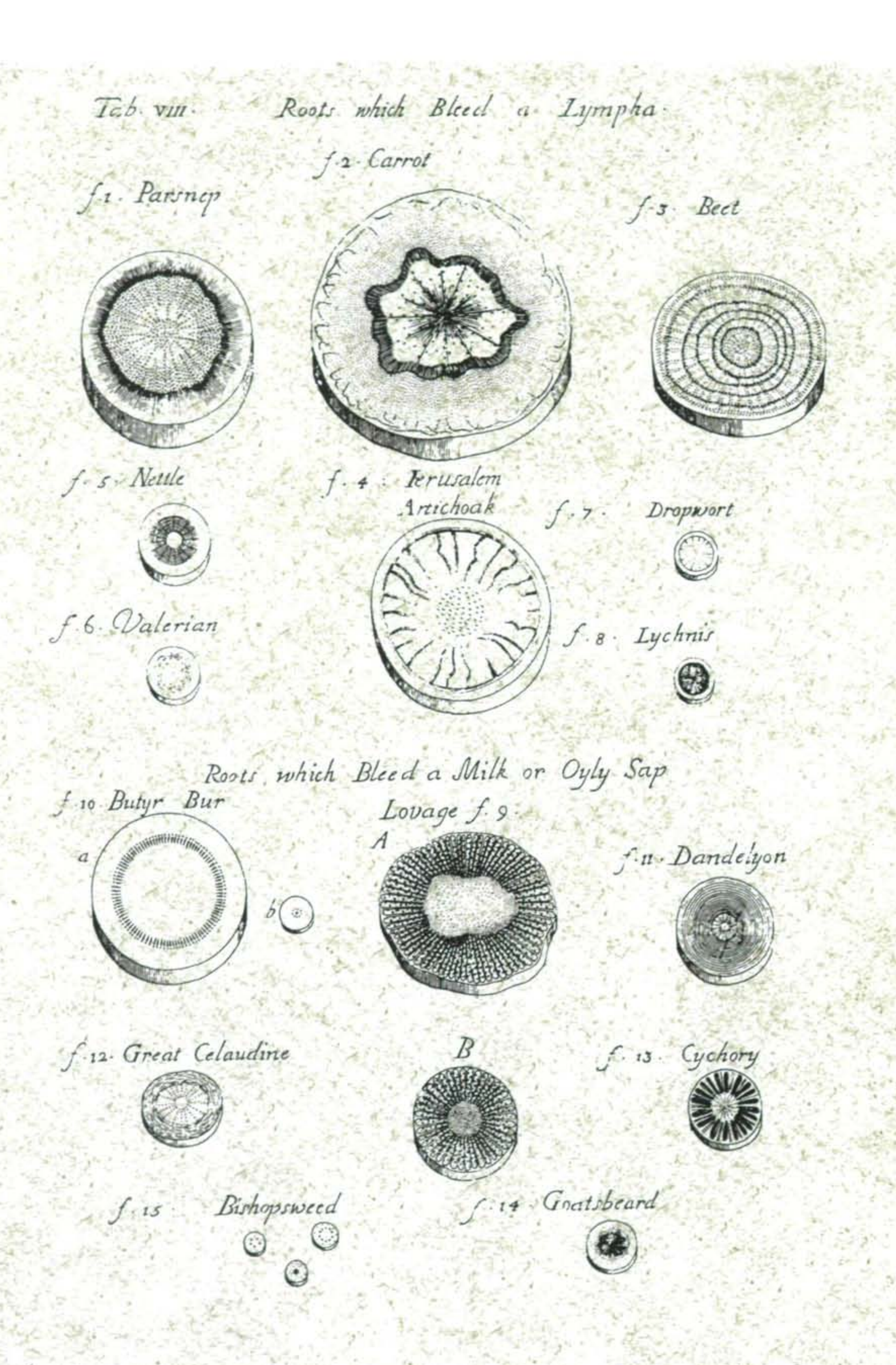

Tab. IV. Piece of Beech Wood
fig. 1.
Stalkes of yᵉ Leafes of
Asarum
Cichory
Cabbage
Coltsfoot
Endive
f. 2.
f. 3.
f. 4
f. 5
f. 6
Ivy
Dock
Mint
Borage
Mullein
f. 7
f. 8
f. 9
f. 10
f. 11
Lily
f. 12
a
Peruvian Starwort
f. 13
f. 14 Peare
d
c
b
a
f. 15 Aprecock
f. 16
yᵉ Secundine
f. 17 Coats of lupine
Lupine
f. 18



Tab: 5.
fig. 1.
Primrose Root
f. 2.
Wood-sorrel R.
f. 3.
Deuils-bitt R.
f. 4.
Tuberous Iris R.
f. 5.
Dandelion R.
f. 6.
Dragon R.
f. 7.
Spring-Crocus R.

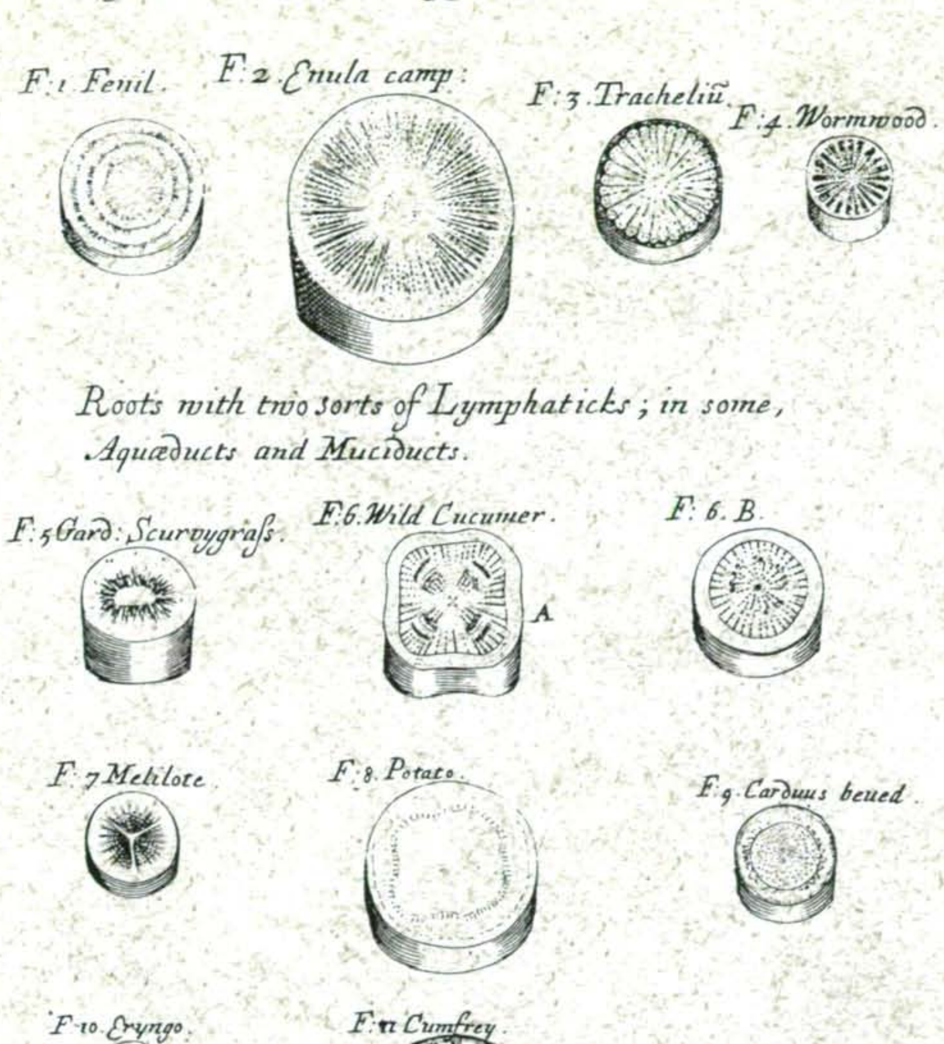

Tab: VI.
The Root of Scorzonera.
f.1.
f.2.
f.3.
f.4.
Ierusalem Artichoake.
Burnet.
f.5.
f.6.
f.7.
Dandelion.
f.8.
Borage.
f.9.
Carrot.
f.10.
Parsley.
f.11.


Tab. VII Roots w.ch Bleed little or nothing.
Marsh Mallow.
1
Patience.
Iris.
2
3
Peony.
Bistord.
Roots which Bleed a Lympha.
Bryony.
Bugloss.
Borage.
Black Henbeane.
Deadly Nightshade.
Horse Radish.
Brownwort.
Non Bulbous Lily.
Asparagus.
Columbine.

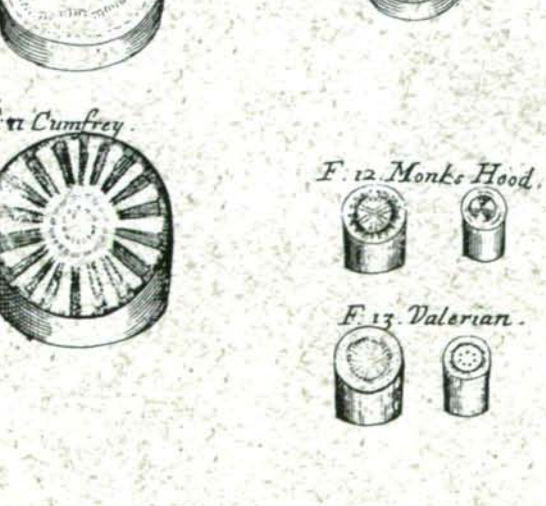

Tab. VIII. Roots which Bleed a Lympha.
f. 2. Carrot
f. 1. Parsnep
f. 3. Beet
f. 5. Nettle
f. 4. Ierusalem Artichoak
f. 7. Dropwort
f. 6. Valerian
f. 8. Lychnis
Roots which Bleed a Milk or Oyly Sap
f. 10 Butyr Bur
a
b
Lovage f. 9.
A
f. 11. Dandelyon
f. 12. Great Celaudine
B
f. 13. Cychory
f. 15 Bishopsweed
f. 14 Goatsbeard

Tab: 9.

Roots with Milky or Balsamick Vessels, and Lymphæducts, both apparent





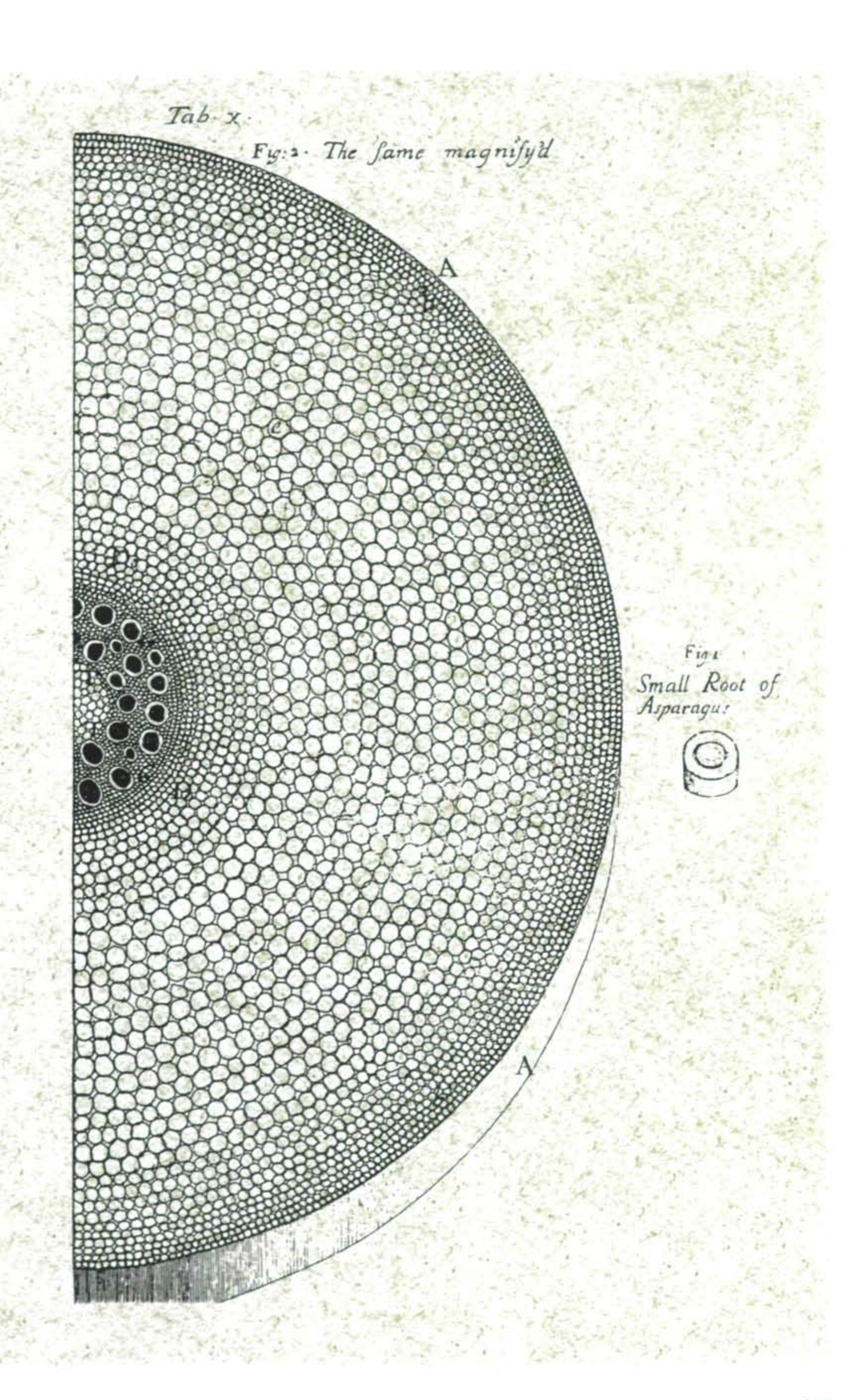


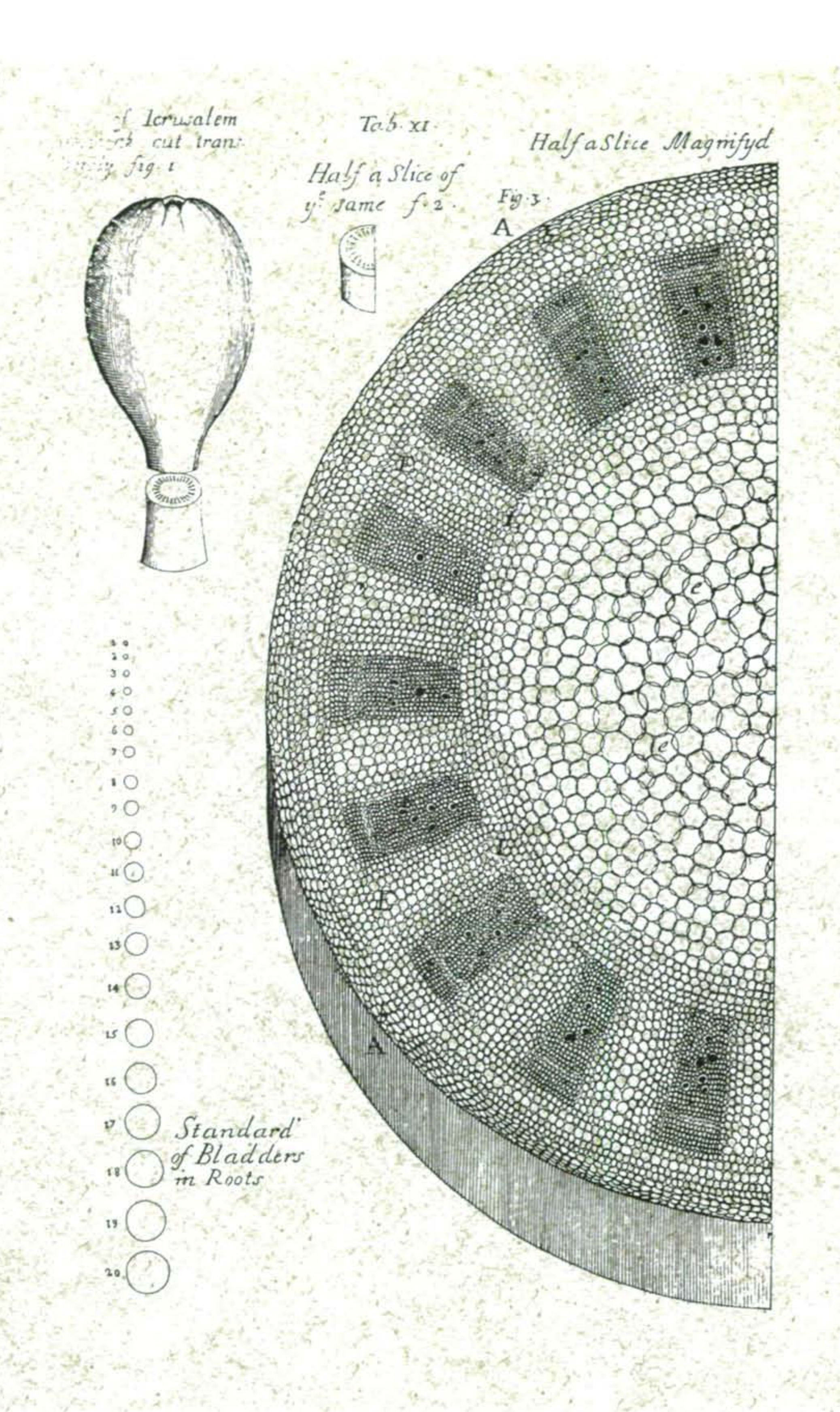
F: 12. Monks Hood.

F: 14. Cinquefoyle.

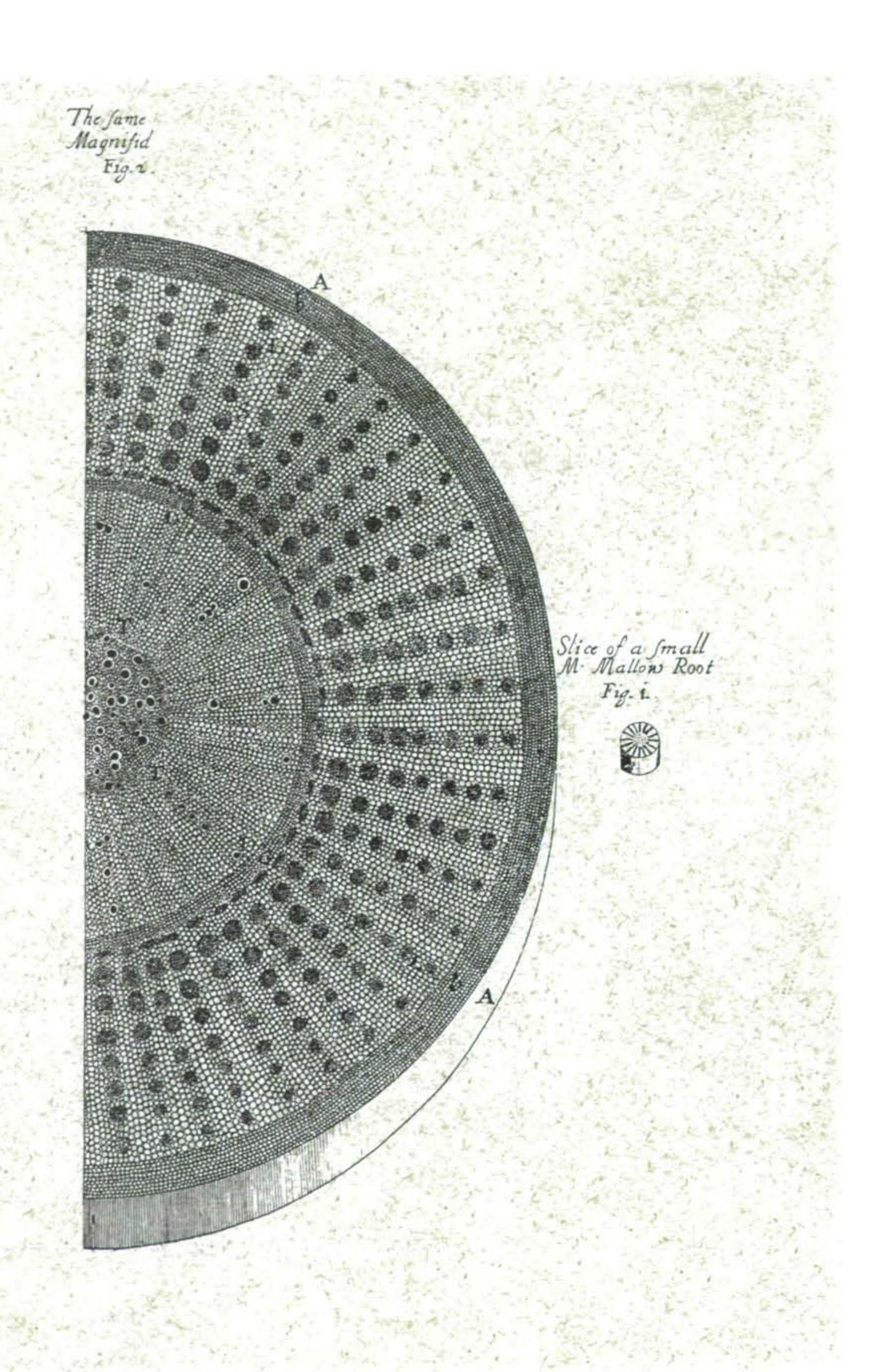
F: 13. Valerian.

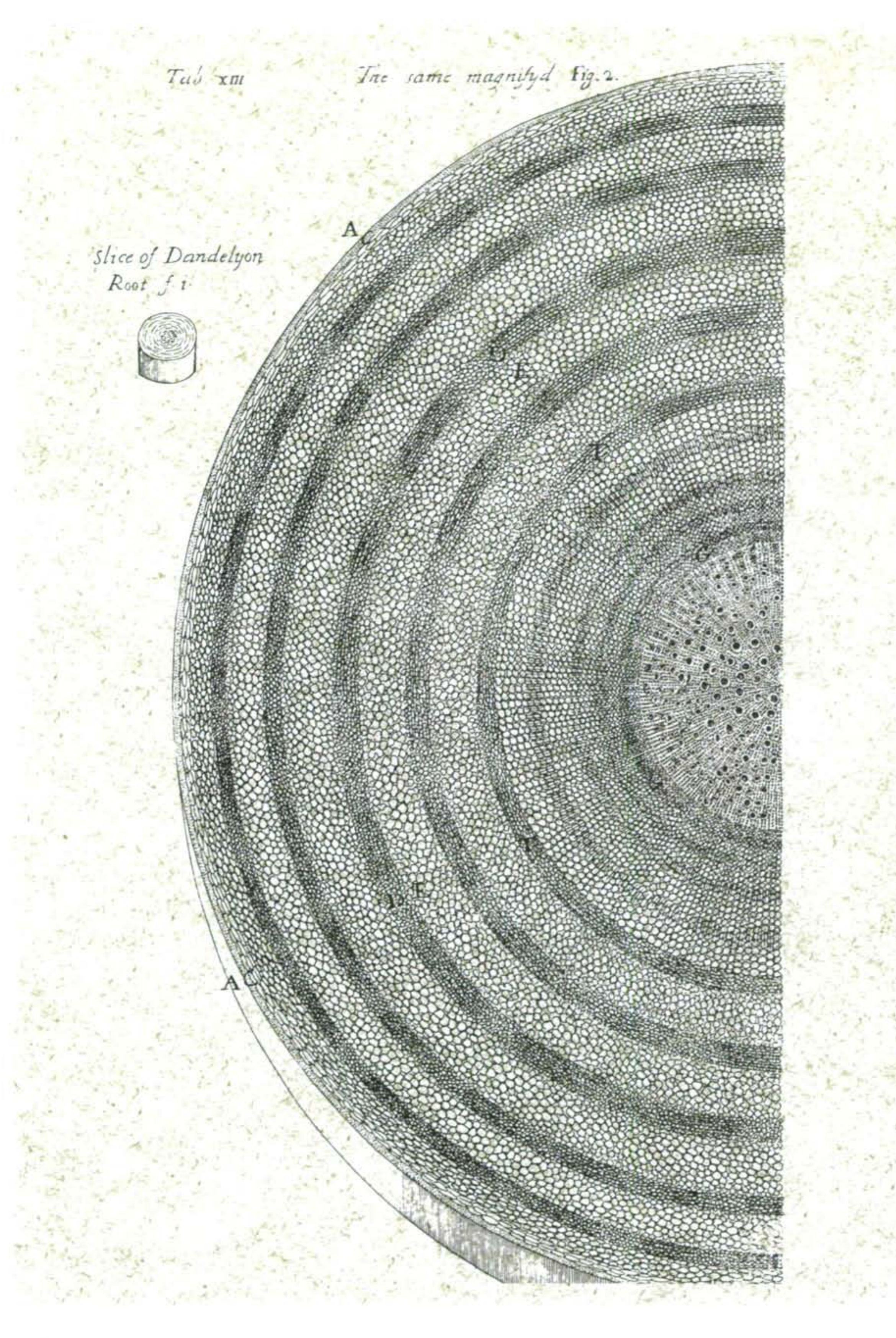
F: 15 Burnet

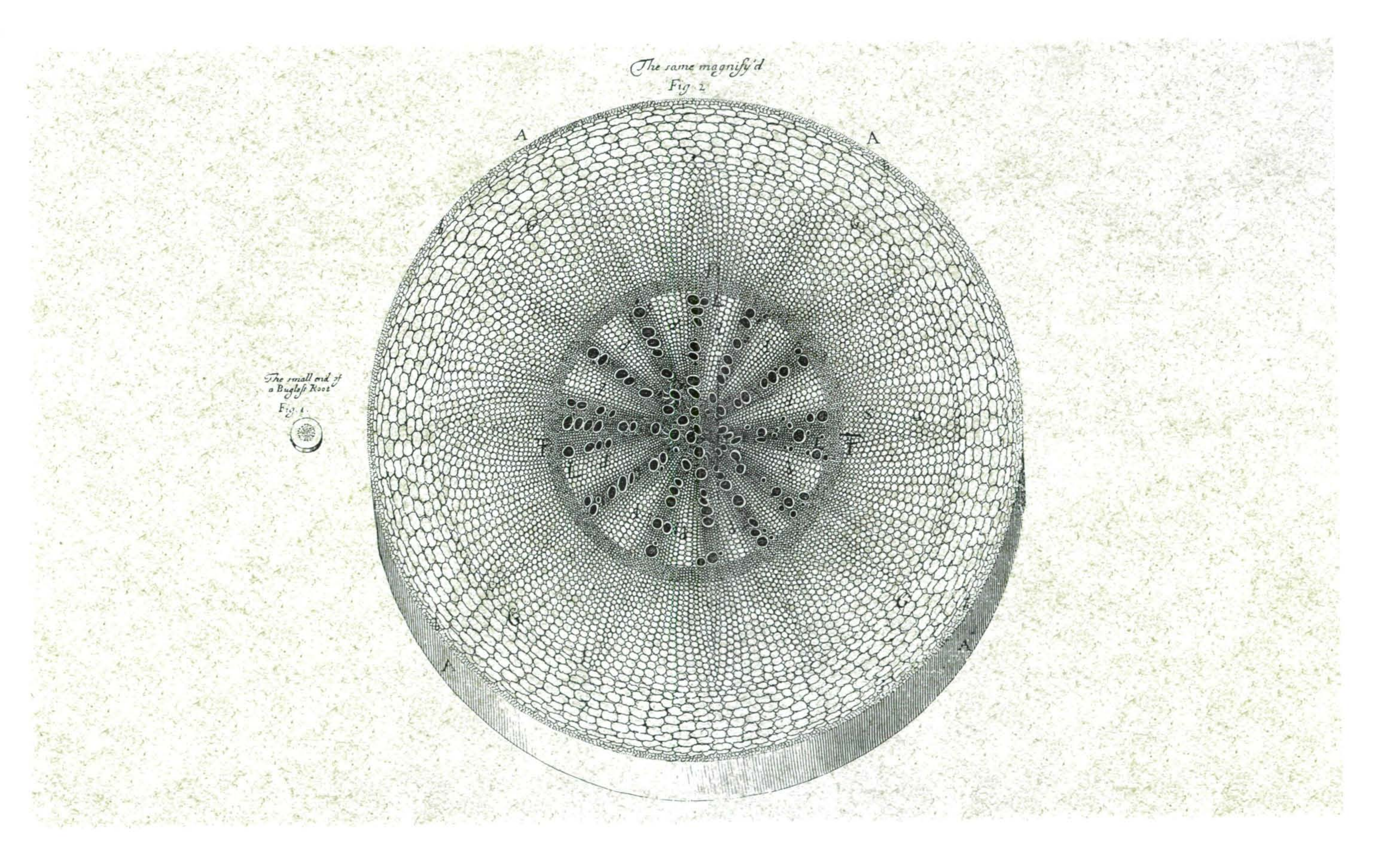

Tab. x.
Fig: 2. The same magnify'd
A
B
C
D
E
A
Fig 1
Small Root of
Asparagus

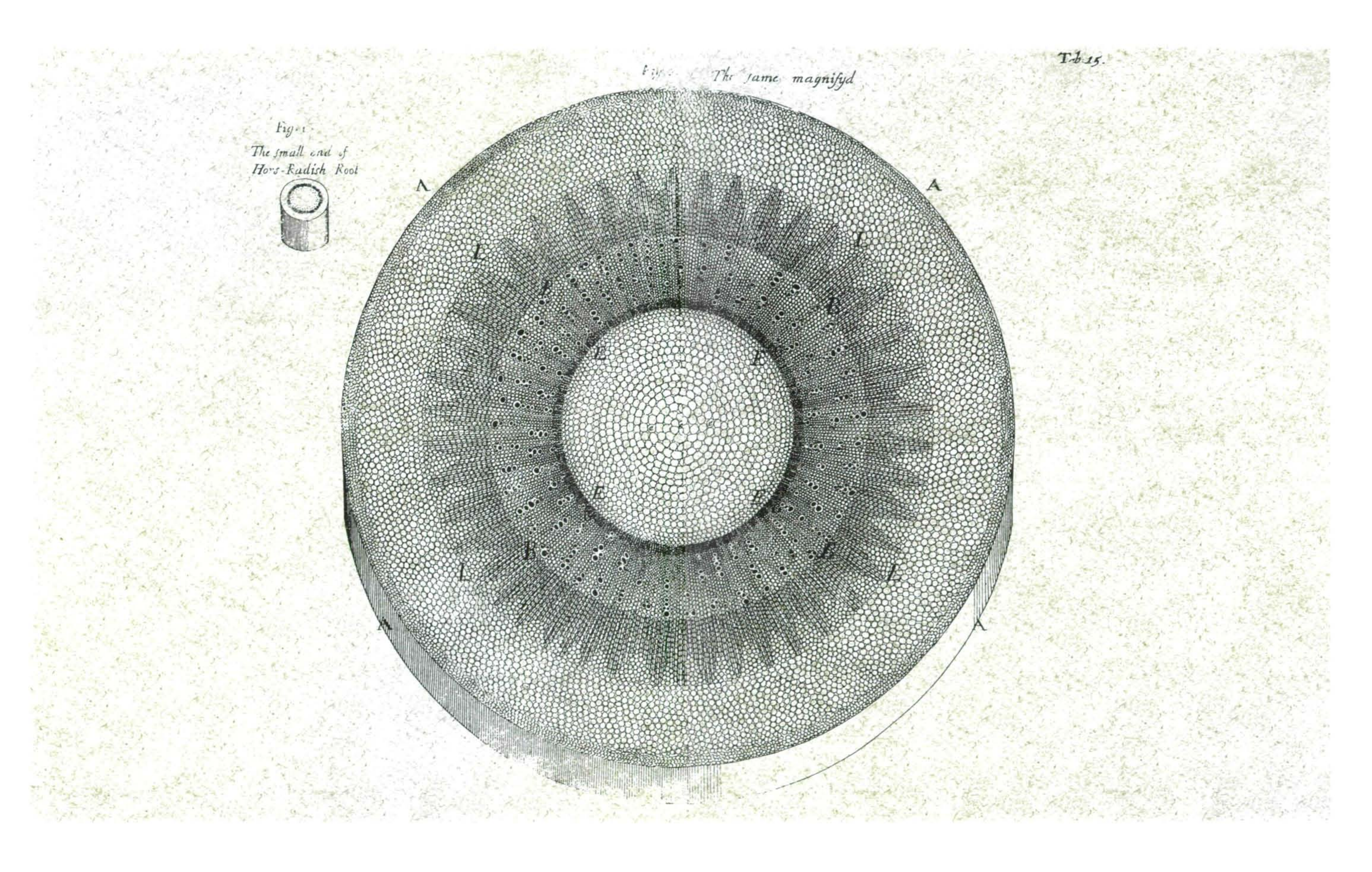


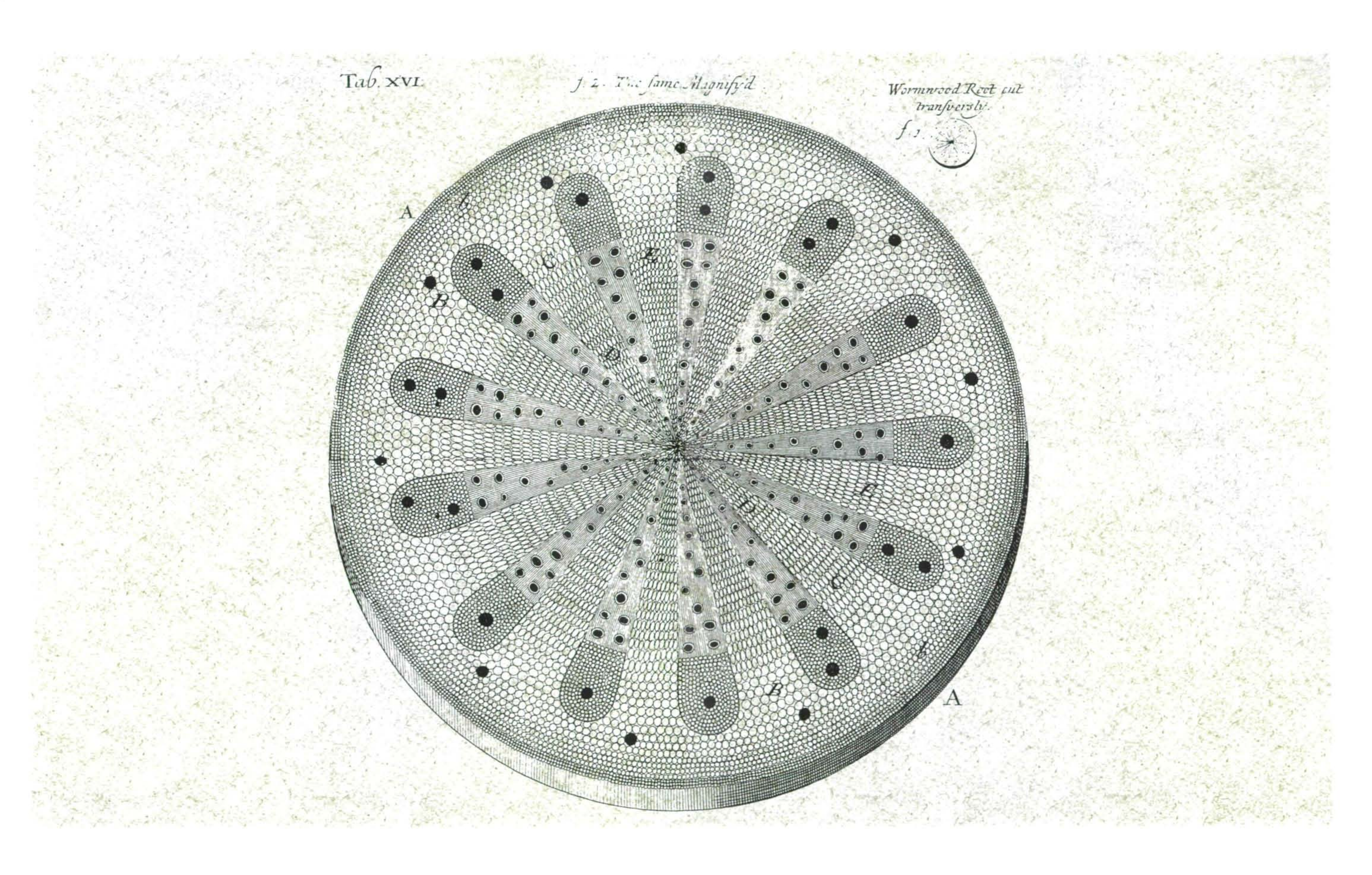
Tab. XI
Half a Slice Magnifyd
Half a Slice of yᵉ same f. 2.
Fig. 3.
A
A
c
c
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
Standard of Bladders in Roots

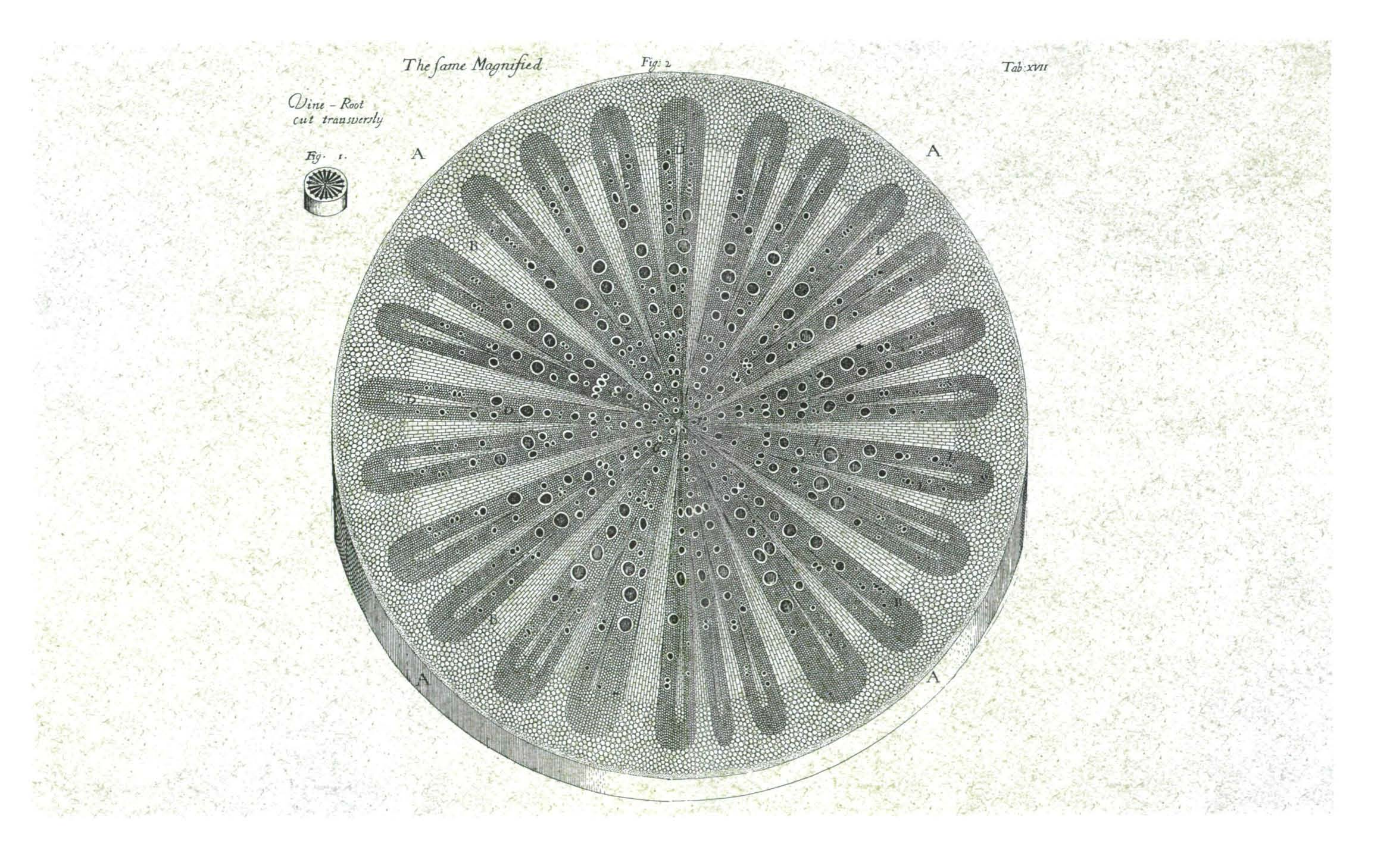

The same
Magnifid
Fig. 2.
A
Slice of a small
M. Mallow Root
Fig. 1.
A


Tab xm
The same magnifyd Fig. 2.
Slice of Dandelyon Root f 1
A
A


The same magnify'd
Fig. 2
The small end of
a Bugloss Root
Fig. 1
A
A
F
F
G
G
L
L


Tab. 15.
Fig. 2 The same magnifyd
Fig. 1
The small end of
Hors-Radish Root
A
A
L
L
E
E
E
E
E
E
E
E
L
L
A
A


Tab. XVI.
f. 2. The same Magnify'd
Wormwood Root cut transversly.
f. 1.
A
b
B
C
E
D
A
b
B
C
D
E


The same Magnified
Fig: 2
Tab: XVII
Vine - Root
cut transversly
Fig. 1.
A
A
A
A
B
B
B
D
D
D

DIE ANATOMIE DER WURZEL

UNTERSUCHT MIT BLOßEM AUGE UND MIT DEM MIKROSKOP

Teil 1

Kapitel I.

Über URSPRUNG, FORMEN, BEWEGUNGEN und LEBENSDAUER der WURZELN

Wenn man auf die Wurzeln zu sprechen kommt, ist es für ein besseres Verständnis der folgenden Dinge notwendig, manches, wie ihren Ursprung, ihre Formen, ihre Bewegungen und ihre Lebensdauer vorauszuschicken.

1. §. Im Allgemeinen können Wurzeln dreifachen Ursprunges sein. Entweder kommen sie aus der Radicula, wie alle die Wurzeln, die aus dem Samen kommen, oder sie entspringen über dem Erdboden aus dem Stamm oder dem Stengel, wie bei der Erdbeere, der Kamille und vielen anderen kriechenden Pflanzen; oder aber sie kommen aus dem Stamm oder dem Stengel, nachdem diese unter die Erdoberfläche abgesunken sind, wie bei der Primel, bei der Natterwurz und vielen anderen. Wie, soll jetzt gezeigt werden.

2. §. Beim Wachstum einer Knospe und einer Stamm-Wurzel kann folgender Unterschied beobachtet werden. Die Erste trägt einen Anteil aller Gewebe des Stengels oder des Stammes, an dem sie hängt, mit sich. Die Zweite sprießt aus dem Stamm hervor, hinterläßt einen Riß in der Borke, und wächst aus dem inneren Bereich des Stengels aus.

3. §. In Knospen ist außerdem der Holzkörper stark ausgeweitet und umfaßt so das Mark, während in der Stamm-Wurzel der Holzkörper eine solide Faser bildet, die im Zentrum steht. Das ist der Grund, warum sie in den Boden hinabsinkt, wie es bereits im ersten Buch gezeigt wurde, und wie es auch jetzt weiter beschrieben werden wird.

4. §. Wurzeln können generell ihrer Form nach in eher ungeteilte, wie beim Süßholz, und geteilte, wie beim Johanniskraut, eingeteilt werden. Geteilt oder gegabelt können sie entweder an der Spitze sein, wie die meisten Wurzeln, oder aber am Wurzelhals, wie beim Löwenzahn und einigen anderen. Das ist sehr seltsam und unverständlich, wenn man die Bewegungen der Wurzeln nicht kennt; davon aber jetzt.

5. §. Die geteiltenWurzeln wiederum können entweder verzweigt sein, wie beim Beinwell, oder mehrfach geteilt, wie beim Hahnenfuß: Obwohl beide geteilt sind, verästelt sich die erste von größeren Ästen in kleinere, während bei der zweiten mehrere Wurzeln ihren Ursprung in einem gemeinsamen Kopfstück haben. Manche sind gerade wie beim Rettich, andere sind gekrümmt wie bei der Natterwurz. Sie können glatt sein wie bei der Ochsenzunge oder rundherum strähnig wie bei der Akelei. Und bei Nelken verlaufen eigentümlicherweise manchmal viele Fasern parallel zum Holz der Hauptwurzel durch die Borke, oder zwischen Holz und Borke.

6. §. Einige wiederum sind dick, wie bei Rhabarber, einige schlank wie beim Wein, andere lang wie beim Fenchel, oder kurz wie bei der weißen Rübe: Das ist aber nicht gleichbedeutend mit „groß" und „klein", denn ihre Größe beurteilt man im Vergleich mit anderen Wurzeln, während hier die Größe im Bezug auf die unterschiedlichen Größen einer einzigen Wurzel gemeint ist. Kurze Wurzeln sind gestaucht, wie bei *Iris tuberosa*, oder rund wie beim Aronstab. Runde Wurzeln können knotig oder einfach nur genoppt sein, wie beim kriechenden Hahnenfuß, oder aber knollig, und da entweder schuppig, wie bei einigen Lilien oder schalig wie bei Zwiebeln. Hier ist anzumerken, daß bei allen knolligen Wurzeln, wie auch bei Hermaphroditen, Wurzel und Stamm in einem sind: Nur die Faserwurzeln sind eindeutig Wurzeln. Die Bulben aber beinhalten die Teile, die beim Sprossen die Blätter oder den Pflanzenkörper ausbilden, so als wären sie eine große Knospe unter der Erde.

7. §. Wurzeln können eine ebene oder unebene Oberfläche aufweisen. Eben sind die zylindrischen Wurzeln, wie die von Mannstreu oder die pyramidenförmigen, wie die von Borretsch. Sie werden entweder nach unten hin kleiner, wie die meisten, oder nach oben zu kleiner wie bei der Zuckerwurzel. Unebene sind vernarbt, wie die der Kartoffel, bei der die Augen oder Knospen der zukünftigen Sprosse eingesenkt sind, oder geknotet, wie beim Topinambur, bei dem sie herausragen. Diese unterschiedlichen Eigenschaften können auch kombiniert sein: So sind einige Wurzeln ungeteilt und glatt, wie bei der Pfingstrose, andere ungeteilt und strähnig, wie bei der Scharlei; diese ist weder verzweigt, noch bürstenförmig, noch an der Spitze in verschiedene kleine Stränge geteilt, sondern eine einzige Wurzel, die von vielen haarigen Fäden umgeben ist. Manche sind sowohl an manchen Stellen glatt als auch an anderen genoppt, wie bei *Filipendula*, *Lilium-non-bulbosum* und anderen.

8. §. Manche haben auch zwei und mehr Wurzeln und zwar von einer Art; wobei einige einzeln an der Basis des Stammes befestigt sind, wie beim Knabenkraut, während sie bei anderen untereinander angeordnet sind, sodaß nur die oberste am Stengel befestigt ist, wie beim Knabenkraut, Krokus und anderen. Außerdem gibt es welche, die nicht nur gleichzeitig zwei Wurzeln besitzen, sondern diese sogar von zweierlei Arten sind, wie bei der Natterwurz, wobei die eine schlank, gerade, zylindrisch und horizontal verläuft, während die andere aber, die direkt aus der Verlängerung des Stammes wächst, groß und gekrümmt ist. Wie es dazu kommt, werden wir verstehen, wenn wir als nächstes auf die Bewegungen der Wurzel zu sprechen kommen. All das und auch noch andere Unterschiede müssen von jenen, die eine

Beschreibung der Pflanzen versuchen, genau festgehalten werden. Die bereits genannten Unterschiede sind allerdings für unseren momentanen Zweck ausreichend.

9. §. Die Bewegungen der Wurzeln sind unterschiedlich. Manchmal verlaufen sie horizontal, wie bei Hopfen, Ammey, Fingerkraut und allen kriechenden Pflanzen, manchmal senkrecht wie bei Pastinak; wobei senkrecht nicht gerade bedeuten muß, da auch einige gerade Wurzeln horizontal verlaufen können. Beide Arten können entweder flach oder tief wachsen. Einige verlaufen horizontal knapp unter dem Rasen, wie die Wurzeln des Geißblatts oder die der weißen Anemone, andere tiefer, wie beim Hundsgras. Manche wachsen wie die von *Stramonium* nur kurz nach unten, andere in die Tiefe, wie die Meerrettichwurzeln. Tief darf nicht mit lang verwechselt werden, da viele lange Wurzeln, wie beim Hopfen etwa, horizontal verlaufen können..

10. §. Wieder andere sinken in den Boden, wie Tulpen und andere knollige Wurzeln. Diese Bewegung unterscheidet sich aber vom Hinunterwachsen. Denn während beim Hinunterwachsen der Kopf der Wurzel unbeweglich bleibt, nimmt dort die gesamte Wurzel beim Absinken mit der Zeit unterschiedliche Plätze ein und dringt so immer tiefer in die Erde ein. Manche steigen aber auch wieder auf und erscheinen teilweise über dem Boden, wie etwa bei der weißen Rübe.

11. §. Diese Bewegungen sind nicht immer einfach, sowohl in bezug auf die unterschiedlichen Teile der Wurzel als auch auf die verschiedenen Lebensabschnitte. So wächst die Hauptwurzel der Primel horizontal, die Faserwurzeln aber senkrecht. Die Wurzeln der meisten Keimlinge wachsen hinunter und hinauf oder schießen an beiden Enden gleichzeitig in die Länge wie bei der Natterwurz, Iris und einigen anderen, die teilweise gleichzeitig hinauf und hinunter wachsen. Daher kommt es, daß die Natterwurz ähnlich einem "S" verwachsen ist und davon seinen Namen ableitet, und daß einige Teile der Iriswurzel manchmal über dem Boden erscheinen.

12. §. Es gibt auch noch eine andere Bewegung bei einigen Wurzeln, die noch nicht beachtet wurde, nämlich die Verzerrung. Dabei wird die Wurzel gekrümmt oder gedreht, ohne daß sie von ihrem Platz wegbewegt wird, ähnlich einem Stück Stoff aus dem Wasser gewrungen wird, wie es bei *Carduus, Sonchus* und anderen Arten zu sehen ist. Ob es immer so ist, kann ich nicht sagen. Dies kann nur beobachtet werden, wenn man die Borke ablöst, wobei sichtbar wird, daß die Gefäße zwei oder drei Umdrehungen machen. Diese Windung scheint vom Sproß auszugehen und beginnt deshalb am Kopf und endet an der unbeweglichen Wurzelspitze.

13. §. Von allen Bewegungen der Wurzel ist die markanteste noch nicht beschrieben worden, nämlich das Absinken der Wurzel. Zwar ist diese Bewegung von einigen Botanikern bei knolligen Wurzeln schon festgestellt worden, allerdings nur bei diesen, obwohl sie bei vielen anderen verschiedenen Arten auch vorkommt; vor allem wahrscheinlich bei einer größeren Anzahl ausdauernder Wurzeln von Kräutern, wie bei der Gartenlilie, dem kriechenden Hahnenfuß, Baldrian, der Braunwurz, der stinkenden Nieswurz, dem Rainfarn, der Lichtnelke, dem Meerfenchel,der Primel, Ammey, Benediktenkraut, Sauerklee, Iris und anderen. Bei allen diesen Pflanzen kann man beobachten, daß ihre Wurzel alljährlich aus dem Stamm oder dem Stengel selbst erneuert oder ersetzt wird. Das bedeutet, daß die Basis des Stengels kontinuierlich zu einem nicht wahrnehmbaren Grad unter die Erdoberfläche absinkt, sich darin verbirgt und sich sowohl bezüglich ihrer Beschaffenheit, als auch bezüglich Ort und Aufgabe in eine richtige Wurzel verwandelt. Diese Wurzel wächst in Fortführung besagter

Bewegung ebenfalls hinunter und wird abhängig von der Beständigkeit ihrer Substanz entweder zu einer kurzen oder einer langen Wurzel, wobei der ältere oder tiefere Teil in dem Verhältnis abfault, in welchem die oberen Teile aus dem Stengel ersetzt werden. So sinkt bei der Braunwurz die Basis des Stengels allmählich ab, bis sie unter der Erde ist, und wird zum oberen Teil der Wurzel; im nächsten Jahr sinkt dieser Teil weiter ab und wird zum unteren Teil der Wurzel, der im darauffolgenden, also dem übernächsten Jahr, verrottet, wobei jährlich ein neuer Zuwachs vom Stengel proportional zu der Menge alter Teile, die jährlich abfaulen, gebildet wird. So ist das beim Aronstab, Krokus *(Tafel 5. Abb. 6. & 7.)* und ähnlichen Arten, bei denen zweierlei Wurzeln vorkommen. Die Basis des Sprosses im ersten Jahr, wird im nächsten der obere Teil der Wurzel, nachher der untere Teil, der letztlich, sobald er verbraucht ist, abstirbt und verrottet.

14. §. Das kann an einigen Wurzeln, wie an den horizontalen und genoppten Wurzeln von Sauerklee und Primeln &c. *(Tafel 5. Abb. 1. & 2.)* besser als an anderen gezeigt werden. Die Blätter dieser Pflanzen verrotten nacheinander, wobei die Blattbasen nach und nach in die Erde absinken. Jede dieser Blattbasen wird mit einem ergiebigen Saft genährt und schwillt so zu den einzelnen dicken Knoten an. Ebenso kann das gleiche auch an der ähnlichen Position der Gefäße oder holzigen Teile in Wurzel und Stamm erkannt werden, bei der stinkenden Nießwurz, ebenso wie bei der Wurzel von *Iris tuberosa: (Tafel 5. Abb. 4.)* Und obwohl bei ihnen die Blätter nahe der Oberfläche des Stammes abfallen und sobald dieser abgesunken ist zu einer Wurzel anschwillt, sind die Ansatzpunkte der abgefallenen Blätter, sowie die dazugehörigen Enden der Gefäße deutlich sichtbar. Dabei sieht die Wurzel wie mit vielen Säumen und Nadelstichen verziert aus, wobei die Säume die Ansatzstellen der Blätter und die Stiche die Enden oder Bruchstellen der Gefäße sind. Diese Enden werden nach Abziehen der Borke noch besser sichtbar. Ich ziehe auch in Betracht, daß es hier ähnlich ist wie bei vielen Tieren, die nicht unmittelbar aus Eiern ausgebrütet wurden, sondern von einem Tier in ein anderes transformiert wurden. Deshalb ist es mehr als wahrscheinlich, daß es bei Pflanzen nicht wenige Beispiele für eine ähnliche Transformation wie diese gibt.

15. §. Den Grund für dieses Absinken, soweit er von der inneren Beschaffenheit der Wurzel abhängig ist, werde ich im folgenden Teil aufzeigen. Aber der unmittelbar sichtbare Grund liegt in den Faserwurzeln, die diese Art von Stamm häufig hervorbringt. Diese senken sich selbst in den Boden ein und ziehen so wie mit vielen Stricken den Stamm hinter sich her. Daher steigen die knolligen Wurzeln von Iris, wenn die Faserwurzeln, die an ihnen hängen, verrotten oder verschwinden, wieder ein wenig an. Deshalb ist auch die Form einiger Wurzeln umgekehrt: während die meisten Wurzeln nach unten reich verzweigt sind, sind einige andere nach oben hin in mehrere Hälse geteilt, wie beim Löwenzahn und anderen. Diese Wurzeln treiben an der Spitze mehrere Stammknospen hervor. *(Tafel 5. Abb. 5.)* Diese Knospen bringen sukzessiv neue Blätter hervor und werfen ihre alten ab. Sie senken sich auch kontinuierlich ein und besitzen 3, 4, 5 und mehr Zoll lange Hälse unter der Erde.

16. §. So verstehen wir nun auch, auf welch besondere Weise einige Wurzeln ausdauernd werden. Manche sind es generell, wie die Wurzeln von Bäumen, Sträuchern und verschiedenen anderen holzigen Pflanzen. Andere sind nur teilweise ausdauernd, wobei eine neue Generation von Wurzeln aus dem alten Kopf oder Körper an Stelle der jährlich oder nach geraumer Zeit absterbenden Wurzeln nachkommt, wie bei *Lilium non bulbosum*, bei

Topinambur, bei Kartoffel, Knabenkraut, Pfaffenhütchen, dem kleinen Schöllkraut und anderen. In diesen Pflanzen sind eine oder mehrere Wurzeln beständig, andere schwammig und ausgedient. Diese werden teilweise mit dem Absinken des Stammes durch andere jüngere Wurzeln ersetzt.

17. §. Das trifft auch für Tulpen und andere knolligen Wurzeln zu: Die vielen Rinden und Schalen aus denen die Knolle in erster Linie besteht, gehen sukzessiv zu Grunde und schrumpfen in viele trockene Häute zusammen. Zwischen diesen und in ihrem Zentrum werden aufeinanderfolgend andere Blätter und Schalen gebildet, wodurch die Knolle ausdauernd wird. Auf die selbe Weise erneuern sich die Faserwurzeln jährlich. Und so sieht am Ende vieler Jahre die einzelne Wurzel immer noch gleich aus wie am Anfang, obwohl in Wirklichkeit jedes Teilchen davon ein anderes ist.

18. §. Zuletzt werden auch viele Wurzeln durch das beschriebene Absinken des Stammes ausdauernd. Aus diesem werden sie, wie gesagt, jährlich nachgebildet und zwar im gleichen Ausmaß, wie ihre unteren Teile verrotten. Darin sehen wir auch den Grund für die zerklüfteten und stumpfen Randbereiche verschiedener Wurzeln *(Tafel 5. Abb. 3.)*, wie etwa bei der Pflanze, die im Aberglauben „Teufelsabbiß" heißt, weil die Wurzel aussieht als ob sie abgebissen wäre. Allerdings sieht sie nicht von vorneherein so aus, sondern deshalb, weil der untere Teil der Wurzel abfault, wenn der obere absinkt. Der lebende Rest wird stumpf und sieht abgebissen aus. So viel über Ursprung, Formen, Bewegungen und Lebensdauer der Wurzeln.

Kapitel II.
Über die HAUT.

Ich komme nun zu den einzelnen Geweben aus denen sich eine Wurzel zusammensetzt. Das zu äußerst liegende Gewebe ist die Haut, die bei allen Wurzeln vorhanden ist. Sie ist unterschiedlich gefärbt. Weiß bei der Zuckerwurzel, gelb beim Ampfer, rot bei der Kartoffel, braun beim Liebstöckel und schwarz bei der Ochsenzunge. Ihre Oberfläche ist manchmal glatt, wie beim Meerrettich oder rauh wie bei der Schwarzwurzel. Und die Haut der einzelnen Schalen einer Tulpenwurzel sieht in frischem Zustand wie von einer großen Anzahl kleiner Löcher perforiert aus. Sie kann unterschiedlich dick sein. Sehr dünn ist sie beim Pastinak, etwas dicker bei der Ochsenzunge und sehr dick bei der Iris. Manchmal ist sie undurchsichtig wie bei der Distel und manchmal durchsichtig wie beim Krapp.

2. §. Jede Wurzel hat aufeinanderfolgend zwei Arten von Haut, wobei die eine ihren Ursprung im Samen hat; die andere aber wird aus der Rinde gebildet, und nimmt in der älteren Wurzel den Platz der ersten ein. So scheint beim Löwenzahn die alte Haut, wenn man sie Anfang Mai

betrachtet, einer jener Ringe gewesen zu sein, die im vorherigen Jahr das Rindengewebe ausgemacht haben. Durch die Bildung eines neuen Ringes in Anschluß an den Holzteil wird die äußerste Rindenschicht abgestoßen und schrumpft zur Haut zusammen. Das geschieht auch in den Wurzeln von Ochsenzunge und Meerrettich und zwar insofern, als die Blasen in den ersteren und die Gefäße in den letzteren ringförmig angelegt sind. *(Tafel .14,15.)* Der Rindenkörper scheint entweder jährlich oder öfter zu einer neuen Haut zusammenzuschrumpfen, sobald die alte abfällt. Und manchmal wird sogar der gesamte Körper der lotrechten Wurzeln *(Tafel 10)*, mit Ausnahme der holzigen Fasern im Zentrum, zur zweiten Haut, wie beim Spargel. So bedingt das Ablösen der alten Haut die Bildung einer neuen, ebenso wie das Absinken der Wurzeln den Verbrauch der unteren Teile und die Neubildung der oberen Teile bewirkt. Weil die Rinde anschwillt und manchmal schneller wächst als die Haut abfallen, oder ihr Platz machen kann, sind die Wurzeln vieler Kräuter schuppig wie die Stämme von Bäumen.

3. §. Die Haut besteht üblicherweise aus zwei Arten von Geweben, die wahrscheinlich auch in der primären Haut vorkommen. Das eine Gewebe ist parenchymatisch und besteht oft aus äußerst kleinen Zellen oder Bläschen, wie es im Querschnittpräparat vom Spargel unter dem Mikroskop gut erkennbar ist. Die Blasen sind von unterschiedlicher Größe: Bei der Ochsenzunge größer, beim Spargel kleiner *(Tafel 10, Tafel 14.)* und manchmal fallen sie zusammen und verschwinden. Aber dennoch ist das Parenchym in diesen und allen anderen Wurzeln, sogar wenn diese Blasen nicht erscheinen, von der gleichen stofflichen Beschaffenheit wie das lebendigere und massigere der Rinde. Wie nun feststeht, hat das Parenchym der Haut hier seinen Ursprung und ist auch gleich geformt, wie wir noch sehen werden. Es liegt der Rinde nicht nur wie ein Handschuh einer Hand an, sondern bildet darüberhinaus mit ihr einen fortlaufenden Übergang, wie auch die Teile eines Fleischstückes ineinander übergehen.

4. §. Die Haut ist zwar in erster Linie, aber nicht nur aus diesem parenchymatischen Körper aufgebaut. Es sind auch noch viele holzige, röhrenförmige Gefäße darin eingebettet. Das ist zwar schwer mit dem Mikroskop, aber dafür anderweitig zu demonstrieren: Wenn Sie die Haut abziehen wird es Ihnen der Länge nach leichter fallen als der Breite nach, weil auf die erste Art nur das Parenchym aus dem Zusammenhalt gelöst wird. Auf die letztere Art werden beide, Parenchym und Gefäße zerstört, da diese Gefäße der Länge nach in der Wurzel verlaufen: Deshalb ist wegen der geringen Größe der Blasen im Parenchym die Haut sehr dicht und durch die Gefäße sehr widerstandsfähig.

5. §. Noch einmal, wenn Sie eine Wurzel quer durchschneiden, und einige Zeit liegen lassen, schrumpfen alle Teile, die keine Gefäße enthalten, unter die Oberfläche der Schnittfläche ein. Aber überall dort, wo Gefäße vorhanden sind, schrumpfen die Teile nicht ein. Das passiert offensichtlich auch in der Haut. Denn obwohl die besagten Gefäße so wie die Blasen kollabieren können, können sie nicht sichtbar der Länge nach verkürzt werden oder schrumpfen; nicht anders als ein Strohhalm, der auch nur der Breite nach leicht zusammengedrückt werden kann.

6. §. Weiters, wenn die Wurzel quer geschnitten wird, tritt, wenn man mit dem Fingernagel sehr sanft das angeschnittene Ende zusammendrückt, manchmal der Saft aus der Haut aus, wie bei allen anderen Wurzelteilen, in denen ähnliche Gefäße vorkommen. Der Saft kann zwar auch aus dem Mark und anderen Teilen, die keine Gefäße enthalten, herausgepreßt werden, jedoch nicht ohne diese Teile zu zerstören. Das passiert hier nicht, da, wie es

mit der Unterbrechung des Druckes der Saft auch wieder verschwindet, da sich die besagten Gefäße mit einer Ausgleichsbewegung ausweiten können und so den Saft wieder aufsaugen.

7. §. Dazu darf als Beweis folgende Beobachtung hinzugefügt werden: Genau diese Gefäße sind es nämlich, die in vielen Wurzeln direkt am äußersten Rand rundum zu erkennen sind, wie beim Süßholz, bei der Akelei, der Schwarzwurzel und anderen zu sehen ist. Diese Experimente habe ich hier ein für alle Mal detaillierter festgehalten, da ich mich bei Gelegenheit später wieder auf sie beziehen werde.

Kapitel III.
Über die BORKE.

Als nächstes Gewebe kommt nach der Haut die Borke. Sie ist manchmal gelb, wie beim Ampfer, rot bei der Natterwurz, aber üblicherweise, und wahrscheinlich bei Keimwurzeln immer weiß. Sie kommt aus dem Samen selbst und stellt nur die Erweiterung und Verlängerung des Parenchyms der Radicula dar, die einer der drei Organteile des Samens ist, die im ersten Kapitel des ersten Buches beschrieben wurden.

2. §. Sie ist von unterschiedlicher Größe. Manchmal sehr dünn, wie bei Topinambur, Geißbart und den meisten Bäumen, bei denen sie aber auch den Namen Borke oder Rinde trägt. Manchmal ist sie dicker und stellt weitaus den größten Teil der Wurzel dar, wie in den Faserwurzeln von Spargel, Löwenzahn und anderen. Gleich ob dünn oder dick ist sie analog aufgebaut und erfüllt im allgemeinen die gleichen Aufgaben. Die Abstufungen ihrer Dicke kann, wenn man alle Wurzeln vergleicht, auf gut das 20-fache geschätzt werden, wie es in den folgenden Beispielen beobachtet werden kann: *(Tafel 7,8,9)* Rübe, Freipendelwurz, Topinambur, Fetthenne, Baldrian, Geißbart, Nessel, Braunwurz, Akelei, Schöllkraut, Spargel, Meerrettich, Pfingstrose, Zaunrübe, Mannstreu, Borretsch, Liebstöckel, Löwenzahn, Pastinak, Karotte, &c. In der Rübenwurzel ist sie kaum dicker als eine gute, dicke Haut. Anders als in der Karotte, bei der sie gut die Hälfte des halben Durchmessers der Wurzel einnimmt oder an manchen Stellen sogar einen halben Zoll größer ist. Beim Löwenzahn ist sie manchmal in bezug auf den holzigen Teil sogar doppelt so dick. Der Rest bewegt sich in den vielen Abstufungen dazwischen. Und bei den meisten Wurzeln ist die Rinde normalerweise an der Basis proportional dicker ist als an der Spitze.

3. §. Die Borke setzt sich aus zwei Körpern zusammen. Der eine ist parenchymatisch und darüber hinaus etwas biegsam, ohne dabei zu brechen. Er besitzt viele Hohlräume, wodurch er offensichtlich beim Trocknen stark zusammenschrumpfen kann. Seine Poren sind gleichmäßig der Länge und Breite nach ausgedehnt. Deshalb schrumpft er in beide Richtungen gleichmäßig zusammen. Außerdem sind diese Poren sehr stark dehnbar, wie aus der Rückführung zu ihrer ursprünglichen Größe nach dem Einweichen in Wasser festgestellt

werden kann. Die Borke ist sozusagen ein höchst interessanter und außergewöhnlich fein gearbeiteter Schwamm. So viel können Auge und Verstand entdecken.

4. §. Das Mikroskop bestätigt die Richtigkeit dessen und zeigt genauer, daß die Poren der meisten Pflanzen auf eine Art kugelförmig sind und daß die Rinde aus einer unendlich großen Anzahl kleiner Zellen oder Blasen besteht. Die Wände keiner einzigen dieser Blasen sind sichtbar durchlässig, sondern eine jede ist in sich abgeschlossen. *(Tafel 10 und folgende.)* Das Parenchym der Rinde kann bezüglich seiner Struktur mit dem Schaum von Bier oder von Eiern, also mit einer Flüssigkeit, oder mit einem Stück feine geklöppelter Manschette, also mit einem festen Körper, verglichen werden. Die Wände der Blasen sind transparent, wie die von Wasser oder wie die Körper mancher Insekten.

6. §. Allerdings sind sie üblicherweise viel kleiner und ihre Anordnung ist regelmäßiger als die Poren oder Blasen von Brot oder Wasser. In allen Wurzeln sind sie so klein, daß sie kaum ohne Mikroskop wahrgenommen werden können. Dennoch sind sie unterschiedlich groß, sowohl in verschiedenen, aber auch innerhalb einer einzigen Wurzel. Ihre Größenunterschiede können, wenn man alle Wurzeln vergleicht, bezogen auf den Standard in Tafel 11, in zehn oder zwölf Klassen eingeteilt werden. *(Tafel 13,14.)* Zu den kleinsten gehören manche der Blasen vom Löwenzahn, und zu den größten jene der Ochsenzunge. Sie sind meistens in gleicher Höhe angeordnet und sogar eine über der anderen aufgefädelt, sodaß sie oft gut sichtbar in einer Linie oder Spur der Länge oder der Breite nach durch die Wurzel verlaufen, wie an den Wurzeln von Ochsenzunge oder Löwenzahn beobachtet werden kann, wenn man sie der Länge nach spaltet. Obwohl sie normalerweise kugelförmig sind, sind sie an manchen Stellen, wie in den äußeren Teilen der Rinde der Ochsenzunge, auch länglich. *(Tafel 14.)* Diese Blasen können am besten dann beobachtet werden, wenn man die Wurzel nach dem Schneiden eine Weile zum Trocknen abgelegt hat.

6 .§. Die Blasen sind Behälter für Flüssigkeiten, die immer klar sind, und, wie ich denke, eher dünnflüssig und wäßrig sind. Die Blasen aller Keimwurzeln und normalerweise auch die der weiterentwickelten Wurzeln sind mit dieser Flüssigkeit gefüllt, wie bei Borretsch, Rettich und anderen gesehen werden kann.

7. §. Dieser parenchymatische Teil ist bei vielen Wurzeln einheitlich aufgebaut, wie z.B. bei Spargel, Meerrettich, Pfingstrose, Kartoffel und anderen. In vielen anderen besteht er aber aus unterschiedlichen Geweben. Die Blasen, die zwar überall regelmäßig sind, unterscheiden sich entweder in Form, Größe oder Anordnung in manchen Teilen von den dazwischen liegenden. Diese Bereiche sind wie viele weiße Strahlen, die durch den Querschnitt der Wurzel vom inneren Rand der Rinde zu den äußeren Bereichen führen, wie es bei Liebstöckel, Steinklee, Pastinak und anderen im Querschnitt ersichtlich ist. *(Tafel 8, 9.)* Sie setzen sich, zwar nicht in geraden Linien, aber doch auch der Länge nach in der Wurzel fort, sodaß sie vielen Membranen gleichen, von denen die anderen Teile der Borke abgegrenzt werden.

8. §. Die Fortsetzung dieser diametralen Strahlen, oder Segmente, ist unterschiedlich: Manchmal gehen sie nur halb durch die Rinde, oder etwas mehr oder weniger weit, wie beim Steinklee. *(Tafel 9.)* Und wahrscheinlich gilt das für die Wurzeln aller oder der meisten Kleearten und anderer Leguminosen, daß ihre diametralen Strahlen kurz vor der Peripherie endigen. Manchmal laufen sie ganz durch bis zur Haut, wie beim Liebstöckel. *(Tafel 8.)* Und ich glaube, das gilt auch für die Wurzeln aller Umbelliferen: In diesen sieht es so aus, als ob die Haut eine engere Gemeinschaft mit den diametralen Strahlen hat und daß sie sogar ihren Ursprung darin hat. Diese Strahlen weisen normalerweise den gleichen Abstand zueinander auf, wobei diese in den verschiedenen Wurzeln aber unterschiedlich sein können: Geringer

ist ihr Abstand bei Pastinak, größer bei der Ochsenzunge. *(Tafel 7, 8.)* Normalerweise verlaufen sie geradlinig, wie beim Liebstöckel, sie können aber auch hin und her gewunden sein, wie bei der Karotte. *(Tafel 8.)*

9. §. Sie sind auch nicht überall gleich groß: Bei der Karotte sind sie nahe des inneren Randes der Rinde überaus zart, und kaum noch erkennbar. Bei anderen sind sie dicker, wie bei den drei größeren des Steinklees und im allgemeinen beim Kerbel. *(Tafel 8, 9.)* Auch von ihrer Größe und vom Abstand ist ihre Zahl abhängig: Manchmal nur vom Abstand, manchmal nur von der Größe und manchmal von beiden. Und wahrscheinlich ist es typisch für Zichorien-Arten, entweder keine oder nur wenige Strahlen zu besitzen. Manchmal sind sie von einem zum anderen Ende der Rinde gleichmäßig dick, wie beim echten Eibisch *(Tafel 7.)*. Und manchmal sind sie zur Haut hin, mit der sie verbunden sind und in die sie deutlich sichtbar übergehen, stark vebreitert und ausgeweitet, wie bei der Petersilie, oder im unteren Bereich der Wurzel beim Liebstöckel. Und bei manchen Wurzeln, wie bei denen der Schwarzwurzel, scheint fast das gesamte Parenchym in den trockeneren Jahreszeiten *(Tafel 8.)* die gleiche Beschaffenheit zu besitzen, wie die diametralen Strahlen anderer Wurzeln. Die Bläschen dieser diametralen Strahlen sind manchmal, wie bei der Petersilie, größer als die der anderen parenchymatischen Teile; manchmal wahrscheinlich aber auch kleiner. Sie sind aber hier wie dort unterschiedlich groß. Und zwar unterscheiden sie sich um bis zu sechs oder acht Größenstufen. Die von Petersilie befinden sich in der dritten, vierten oder fünften Größenklasse. Ihre Form ist manchmal länglich, wobei ihr Bezugspunkt oder ihre Ausrichtung in Richtung Wurzelzentrum zeigt.

11. §. So wie die anderen parenchymatischen Teile der Rinde dem Speichern von Flüssigkeit dienen, enhalten diese hier Luft. Das kann daraus abgeleitet werden, daß sie weißer erscheinen und nicht durchsichtig sind, wie es solche Wurzeln und Wurzelteile normalerweise sind, die reichlich und gleichmäßig mit Flüssigkeit gefüllt sind. Wie das Mark von Holunder, das in alten Stämmen weiß ist, obwohl es ursprünglich durchsichtig war und auch wieder durchsichtig wird, wenn es gut mit Flüssigkeit durchtränkt ist. Und daher müssen diese Bläschen, die nicht leer sein können, sobald sie trocknen und ihre Flüssigkeit verlieren, mit mehr oder weniger Luft, gemischt mit etwas Saft oder dem dampfförmigen Anteil davon, gefüllt sein. Das ist am besten an den diametralen Strahlen zu beobachten, die direkt an der Haut enden oder in sie übergehen.

12. §. DIE RINDE besitzt nicht nur eine mannigfaltige Struktur, sondern ist, wie gesagt, aus verschiedenen Geweben aufgebaut. Es ist auch eine bestimmte Anzahl holziger Gefäße, manchmal sind es mehr und manchmal weniger, an bestimmten Stellen im zuvor beschriebenen parenchymatischen Teil enthalten. Sie können auf die eine oder andere Art in allen Wurzeln nachgewiesen werden: Etwa durch die Zähigkeit der Rinde, wenn sie in die Länge gezogen wird. Denn diese Zähigkeit in Längsrichtung der Borke wird durch den offensichtlichen Zusammenhalt der besagten Gefäße, die kleinen Fasern ähneln, erzielt. *(Tafel 6.)* Oder aber dadurch, daß Saft nur an den Stellen der Rinde im Wurzelquerschnitt austritt, wo diese Fasern enden; ebenso wie im letzten Kapitel die Existenz dieser Gefäße in der Haut bewiesen wurde.

13. §. Diese röhrenförmigen Fasern laufen nicht in geraden Linien durch die Rinde, sondern sind häufig in Gestalt eines Netzes zusammengefaßt. Die parenchymatischen Teile füllen dabei die Räume zwischen den so verbundenen Fasern auf, wie bei der Bibernell, Schwarzwurzel &c. zu sehen ist, wenn man die Borke abzieht. *(Tafel 6.)*

14. §. Auf den ersten Blick scheinen sie an den Stellen, an denen sie zusammenlaufen, verbunden zu sein, so als ob sie untereinander durchlässig wären. Aber bei genauerer Beobachtung, vor allem, wenn man ein Mikroskop verwendet, entdeckt man das Gegenteil. Sie sind weder in irgend einer Weise zusammengewunden, wie die Fasern in einem Seil, noch verwickelt wie in einem aufgerollten Garn oder in den Knoten eines Netzes. Sondern sie laufen nur nebeneinander her und berühren einander, ähnlich den Spannschnüren in den Streben einer Trommel. Zusammengefaßt werden sie dabei von den parenchymatischen Teilen, wie es bei der Besprechung des Markes noch genauer erörtert werden wird. Aber nicht immer bleibt ein und dieselbe Faser bei einer Strebe. Vielmehr teilen sie sich oft in kleinere Fasern auf, die von einer Strebe zur anderen verlaufen. Außerdem laufen sie auch nicht immer unmittelbar, nachdem sie sich berührt haben gänzlich oder teilweise wieder auseinander, sondern laufen mitunter eine gewisse Strecke parallel nebeneinander her.

15. §. Diese Streben sind in verschiedenen Wurzeln unterschiedlich häufig. *(Tafel 6.)* Sie sind zahlreicher beim Topinambur, weniger häufig bei der Schwarzwurzel, und eher selten beim Beinwell. Genauso sind die Streben untereinander durch abzweigende Fasern unterschiedlich stark vernetzt. Manchmal, wenn die Streben zahlreich sind, sind sie stärker vernetzt, wie beim Topinambur, und manchmal, wenn sie seltener sind, weniger stark, wie bei der Schwarzwurzel und beim Löwenzahn. Aber in allen Wurzeln kommen sie zum inneren Rand der Rinde hin häufiger vor.

16. §. Aus dem Gesagten geht hervor, daß diese Fasern nicht einzelne Gefäße sind, sondern ein Bündel von 20, 30 oder mehr oder weniger davon. Aber so wie diese Fasern in den Streben nicht untereinander verbunden sind, so sind auch die einzelnen Gefäße in den Fasern nicht verbunden. Sie sind auch nicht verzwirnt, sondern verlaufen nur kollateral nebeneinander her. Ähnlich, wie es sich mit den vielen einzelnen Fäden der Seidenraupe bei der Seide verhält. Die Gefäße sind aber auch nicht pyramidenförmig, soweit wir durch das Glas erkennen, oder aus vernünftigem Grund vermuten können. Sie sind auch nicht nach der Art von Tieradern verzweigt, so, daß ein Gefäß aus einem anderen hervorgeht. Vielmehr ist ihre Form zylindrisch und sie erstrecken sich einzeln über die ganze Länge der Wurzel, wie die einzelnen Fasern einer Sehne oder eines Nervs.

17. §. Diese Gefäße sind entweder selbst unterschiedlich, oder dienen zumindest in verschiedenen Wurzeln unterschiedlichen Zwecken: Obwohl es andere Möglichkeiten geben mag sie einzuteilen, werden wir ihre unterschiedlichen Naturen hauptsächlich aufgrund der Untersuchung der verschiedenen Flüssigkeiten, die jedes Gefäß enthät, charakterisieren. Manchmal geben solche Gefäße, und vor allem jene, die ringförmig am inneren Rand der Borke angeordnet sind, eine dünnflüssige Lymphe ab, wie beim Pastinak. Sehen Sie sich die Wurzel selbst an. Daß dieser klare Saft nur aus diesen Gefäßen austritt, ist sicher; denn keine Flüssigkeit wird ebenso aus irgendwelchen parenchymatischen Geweben austreten, wie wir es bereits in Kapitel 2 dargelegt haben. Außerdem ist die Beschaffenheit des Saftes anders als die der Flüssigkeit, die in den Bläschen des Parenchyms enthalten ist. Er hat zwar dieselbe Farbe, ist aber merklich süßer.

18. §. Manchmal geben die Gefäße auch eine dickflüssige und klebrige Lymphe ab, wie sie etwa beim Beinwell anzutreffen ist. Vom klebrigen Inhalt dieser Gefäße kommt es auch, denke ich, daß der Saft, der in den Bläschen vorhanden ist, auf die gleiche Beschaffenheit zurückzuführen ist, soweit er bis hierher vordringt. Das kann manchmal mehr sein, wie beim echten Eibisch, und manchmal weniger, wie beim Borretsch. Denn wenn man Flüssigkeit aus der Pflanze preßt und sie dann auf kleiner Flamme erhitzt, bleibt der größte Teil davon dünnflüssig. Nur einzelne Fasern und kleine Stückchen einer gelierten Substanz bleiben dabei zurück. Diese waren wahrscheinlich ursprünglich der eigentliche Inhalt dieser Gefäße.

19. §. Oftmals enthalten diese Gefäße einen milchigen oder weißen Saft, manchmal auch einen gelben oder anders färbigen Saft, wie bei der Gänsedistel und den meisten Zichorien-Arten, bei der Engelwurz und den meisten Umbelliferen und bei der großen Klette und diversen Disteln, zu denen jene eng verwandt ist. Außerdem bei der Schwarzwurzel, der gemeinen Glockenblume und vielen anderen Pflanzen, die normalerweise nicht als Milchsafthältig bekannt sind. Obwohl sich die einzelnen Milchsäfte in Farbe, Viskosität und in anderen Qualitäten unterscheiden, sind sie generell öliger als jede lymphatische Flüssigkeit. Sie bestehen aus einem Gemisch ölartiger Substanzen mit anderen klaren Flüssigkeiten andersartiger Beschaffenheit, wodurch eine milchige oder opake Farbe entsteht. Ähnlich wie aus Öl und einem starken Brei von Weinstein, wenn man sie gemeinsam in einer Flasche schüttelt, letztendlich eine weiße Flüssigkeit wird. Und obwohl sich diese Flüssigkeit zum größten Teil wieder entmischt, werden sich doch einige ihrer Teile, ohne Kochen und ohne Zufuhr von Wärme, allein durch Umrühren oder kurzes Stehenlassen, zu einer dünnen milchigen Seife verbinden, die selbst wieder wasserlöslich ist. Ich vermute daher, daß es in erster Linie ein flüchtiges Salz dieser Pflanzen ist, das, mit Öl gemischt, diesen Flüssigkeiten ihre weiße oder opake Farbe verleiht.

20. §. Manchmal wird sich das Öl absondern und so selbst sichtbar werden: Denn wenn man eine Fenchelwurzel, die schon vor einigen Tagen aus dem Boden ausgegraben wurde, quer schneidet, werden dieselben Gefäße, die bei einer frischen Wurzel Milchsaft absondern, nun Öl abgeben. Die wäßrigen Teile des Milchsaftes, die beim Trocknen der Wurzel leichter verdampfen, sind aufgebraucht worden.

21. §. Alle Gummi-Arten und Balsame können auch Inhalt dieser Gefäße sein. Sie und die Milchsäfte sind nämlich sehr nahe verwandt. So wird die Milch von Fenchel nach längerem Stehen zu einem klaren Balsam. Der Milchsaft der Schwarzwurzel, des Löwenzahns und anderer wird zu Gummi. In der getrockneten, gespaltenen Wurzel von Engelwurz &c. erscheint die Milch in den Gefäßen zu hartem, glänzenden Harz kondensiert und erinnert so an Blutklumpen in Adern. Und die quer geschnittene Wurzel des Alants *(Tafel 9.)* sondert manchmal einen eigenartigen zitronenfarbenen Balsam und manchmal auch einen schwefelfarbenen Balsam ab. Ich nenne diese Flüssigkeiten Balsame, weil sie sich nicht in Wasser auflösen. Sie sind aber auch kein Terpentin, denn nichts ist annähernd so klebrig und zäh wie jener. Die Wurzel von Wermut dagegen blutet aus großen Gefäßen einen echten Terpentin, oder einen Balsam *(Tafel 10 E.)* mit allen ausschlaggebenden Eigenschaften von Terpentin, obwohl dieser Ausdruck im allgemeinen nur für die Flüssigkeiten bestimmter Bäume benutzt wird.

22.§. Es gibt auch noch eine weitere Art von Saftgefäßen, die man auch Dampf-Gefäße nennen könnte, wie sie etwa bei einigen Ampfer-Arten vorkommen. Denn für Saftgefäße gilt, daß die Rinde der Wurzel blutet. Einige bluten schnell und ergiebig, wie die Umbelliferen und Zichorien-Arten. Manche sehr langsam und kaum wahrnehmbar, wie alle, oder zumindest die meisten Klee-Arten und die Leguminosen-Arten. Und wiederum andere scheinen nicht zu bluten, wie der Ampfer. Und doch besitzen diese Wurzeln Gefäße, die sich von denen, die Luft transportieren, unterscheiden. Sie sind teilweise an der unterschiedlichen Farbgebung der Stellen, an denen sie verlaufen, erkenntlich. Das wird besser verstanden werden, sobald wir auf die Gründe für die Farbe der Wurzel zu sprechen kommen. Oder auch an der Zähigkeit der Borke, wenn man sie in die Länge zieht, kann man sie erkennen. Weder das Parenchym, noch die Luftgefäße sind von sich aus widerstandsfähig. Aber da der Saft oder die Feuchtigkeit, die sie transportieren, eine Art von feuchtem Dampf zu sein scheint, mögen sie nicht zu Unrecht als dampftransportierende, oder Dampf-Gefäße bezeichnet werden.

23. §. Die Saftgefäße sind nicht nur in verschiedenen Wurzeln von mannigfaltiger Art, sondern auch in ein und derselben. Ob das für alle Wurzeln zutrifft, bezweifle ich, aber bei manchen ist das sicherlich der Fall. Wenn Sie eine Fenchelwurzel quer aufschneiden, werden sowohl Milchsaft und *(Tafel 9)* ein klebriger Saft gleichzeitig austreten. Bei genauer Untersuchung erkennt man, daß beide Flüssigkeiten einzeln austreten. So bluten die Wurzeln von Halskraut und Alant, eine Lymphe und einen zitronenfarbenen Balsam. Bei Wermut kommen Lymphe und Terpentin gleichzeitig vor. Auch die Wurzel von Löwenzahn scheint, wenn sie im November geschnitten wird, sowohl eine Lymphe, als auch einen Milchsaft zu bluten. Wobei letzterer von ersterem zu Zeiten, wenn dieser reichlicher vorhanden ist, überströmt wird. Ob alle Wurzeln Lymphgefäße besitzen ist zweifelhaft, aber doch ist es hochwahrscheinlich, daß sie mehr oder weniger davon besitzen. Meistens stehen sie ringförmig am inneren Rand der Rinde. Ihr Saft ist wahrscheinlich in allen Wurzeln insofern gleich, als er klar und wenig ölig ist.

24. §. Die Anzahl dieser Gefäße ist sehr unterschiedlich. Bei Borretsch, Pfingstrose, Natterwurz gibt es nur wenige, beim Spargel noch weniger, bei Pastinak und Schöllkraut dagegen viele. *(Tafel 7, 8, 9.)* Bei Fenchel und echtem Eibisch gibt es noch mehr. Zwischen diesen Extremen gibt es viele Abstufungen wie beim Vergleich der Wurzeln von Meerrettich, der weißen Rübe, der Zaunrübe, Zuckerwurzel, Petersilie, Geißbart und beliebig vielen anderen beobachtet werden kann. Unter den vielen Ampfer-Arten scheint es beim Traubenkraut am wenigsten zu geben, beim roten Ampfer dagegen am meisten. Es gibt zwei Arten ihre Anzahl festzustellen. Entweder kann man ihre Enden direkt an der Oberfläche der Rinde im Querschnittes erkennen. Oder man kann augrund der unterschiedlichen Sprödigkeit und Zähigkeit der Borke auf ihre Anzahl schließen. Denn diese richtet sich nach der unterschiedlichen Anzahl der darin enthaltenen Gefäße, wie es im 2. Kapitel bereits dargelegt wurde.

25. §. Die Menge des austretenden Saftes ist als Richtwert für die Anzahl der Gefäße ein schlechter Maßstab. Denn es trifft für die meisten Milchsaft-führenden Wurzeln zu, daß ihr Milchsaft reichlich austritt: Dennoch scheinen in einigen davon die Gefäße im Verhältnis zum parenchymatischen Teil nicht so zahlreich zu sein, wie in anderen Wurzeln, bei denen weniger Saft austritt, wie man es beim Vergleich der Milchröhren von Löwenzahn und den Lymphgefäßen von Fenchel erkennen kann. Es scheint daher so zu sein, als ob der innere Durchmesser der Milchröhren größer wäre als jener der Lymphgefäße.

26. §. Die Position dieser Gefäße, die sogar mit bloßem Auge im Querschnittpräparat gesehen werden können, ist vielfältig und elegant. Manchmal sind sie nur am inneren Rand der Rinde plaziert, *(Tafel 7, 8, 9, 10.)* wo sie einen Ring bilden, wie beim Spargel. Hier sind sie zwar nicht in allen, aber doch in den meisten Wurzeln zu finden, obwohl sie verschiedentlich auch an anderen Stellen anzutreffen sind. Der gemeine Hahnenfuß mit seinen vielen Wurzeln hat gleich unter der Haut einen Ring von Saftgefäßen. Auch die Rinde vom Pfaffenhütchen ist von einem durchsichtigen Ring aus Saftgefäßen umschlossen. Der Ring kann entweder durchgängig sein, wie bei Mannstreu, Braunwurz, Baldrian, Hopfen, Krapp &c., oder er ist durchbrochen, wie bei der Pestwurz. Manchmal sind die Gefäße auch in einem durchlöcherten Ring zum äußeren Rand der Rinde hin angeordnet, wie bei der Pfingstrose. Wiederum in einigen anderen Wurzeln sind sie punktförmig über die ganze Rinde verteilt, wie beim Steinklee. Bei anderen sind sie nicht punktförmig verteilt, sondern stehen in Gruppen oder Kolonnen zusammen wie beim Beinwell.

27. §. In anderen wieder sind sie eher in durchgehenden Linien angeordnet, entweder in Strahlen, oder diametral wie beim Borretsch, oder peripher, wie beim Schöllkraut. Diese Gefäßstrahlen sind nicht in allen Wurzeln gleich umfangreich vorhanden: Bei Pastinak sind sie nur im peripheren Teil der Rinde vorhanden, bei der Ochsenzunge, *(Tafel 7, 8, 9.)* nehmen sie etwa die Hälfte der Borke ein, während sie bei allen Ampfer-Arten und beim Sauerampfer die peripheren drei Viertel der Borke einnehmen, wobei viele von ihnen jeweils zu zweien bogenförmig miteinander verbunden sind. Bei allen oder vielen Klee-Arten und den Leguminosen nehmen sie nicht mehr als ein Drittel des Rindendurchmessers ein. Bei den Umbelliferen sind sie zwischen die diametralen Teile des Parenchyms eingestreut. Beim Borretsch sind die Strahlen eher durchgehend, bei der Karotte sind sie durchbrochen. Auch hier stehen die einzelnen Gefäße in geraden Linien. Beim Liebstöckel sind sie gegabelt. In diesen und auch in einigen anderen Wurzeln kann man beobachten, daß sie nicht bloß Stiche sind, sondern richtige kleine Kreise. Das wird sogar ohne Glas sichtbar, wenn die Milch abgesaugt ist *(Tafel 8.)* und nicht mehr austritt. Und merke, daß bei der Beobachtung aller Michröhren die Milch nicht mit dem Finger, sondern mit der Zunge entfernt werden muß. So lange, bis kein Saft, oder nur mehr wenig davon austritt. Manche Wurzeln müssen auch mit Wasser durchtränkt werden, um die Lage der Milchröhren anhand der dunkleren Farbe der Rinde sichtbar zu machen.

28. §. Die Strahlen verlaufen manchmal zu mehreren eher parallel, wie beim Pfaffenhütchen. Manchmal laufen sie in der Peripherie der Rinde aus. Und zwar nicht nur bei den Ampfer-Arten, sondern auch bei anderen Pflanzen. *(Tafel 7,8,9.)* Beim Mannstreu ist ihr Ende eher rund, bei der Zaunrübe dagegen zackig oder in der Form eines Glorienscheins, wie es auch beim Meerrettich durch ein Mikroskop *(Tafel 15)* zu sehen ist. Die peripheren Linien sind manchmal in vollständigen Kreisen angelgt, wie beim Löwenzahn. Bei anderen sind sie aus kürzeren Intervallen aufgebaut, wie bei der Kartoffel, beim Beinwell und den kleineren Teilen der Wurzel vom Pfaffenhütchen. Bei manchen sind die Gefäße so überaus klein und stehen so nahe beisammen, daß sie mit bloßem Auge wie zusammenhängende Ringe aussehen. Unter dem Mikroskop erkennt man allerdings doch die einzelnen Gefäße, aus denen diese Ringe bestehen, wie beim echten Eibisch und beim Süßholz *(Tafel 12.)*

29. §. Manchmal kommen Kolonnen und tangential angeordnete Bereiche von Gefäßen gemeinsam vor, wie bei der Bibernelle. Auch punktförmige Nester und tangentiale Bereiche können gemeinsam vorhanden sein, wie bei der Kartoffel, oder gleichzeitig Strahlen und Ringe, wie beim Pfaffenhütchen, bei dem nur ein einfacher Ring vorhanden ist. Beim Fenchel *ist eine doppelte oder dreifache Anordnung von Strahlen und Ringen zu erkennen.* Die Lymphgefäße stehen dabei in Strahlen und die Milchröhren in Ringen. Beim echten Eibisch sind die Gefäße so angeordnet, daß sich gleichzeitig beide Arten von Linien ergeben.

30. §. Mit bloßem Auge betrachtet, scheinen die Gefäße beim Schöllkraut in vielen konzentrischen Ringen angeordnet zu sein. Ebenson beim Löwenzahn, bei dem es unter dem Mikroskop so aussieht, *(Tafel 13.)* als ob sehr viele kleine Strahlen vom inneren Rand der Rinde ausgehen, sich über drei oder vier der kleineren Ringe erstrecken und dort enden. Daher scheint es, als ob hier die Strahlen aus Lymphgefäßen und die Ringe aus Milchröhren in der Wurzel vermischt sind. Allerdings kann die Lymphflüssigkeit, wenn sie mit der Milch vermengt ist nicht direkt festgestellt werden. Wenn aber die Milchgefäße entleert werden, oder zu Jahreszeiten, wenn sie weniger Milchsaft enthalten, geben die milchsafthältigen Wurzeln eine klare Flüssigkeit vom inneren Rand der Rinde ab, während sie zu anderen Zeiten lediglich Milchsaft absondern. Soviel zur Beschreibung der Borke.

KAPITEL IV.
Über das HOLZ.

Auf die Rinde folgt bei Bäumen und strauchförmigen Pflanzen als nächstes das Holz. Es besteht ebenfalls aus zwei deutlich verschiedenen Geweben, dem parenchymatischen und dem holzigen Teil. Das Parenchym ist von der gleichen substanziellen Beschaffenheit wie das der Rinde und ist aus ihr hervorgegangen. Es liegt ihr nicht nur benachbart, sondern ist ringsherum mit ihr verbunden, ebenso wie das Parenchym der Rinde mit der Haut in Verbindung steht. Von Zeit zu Zeit wird daher von der Rinde parenchymatisches Gewebe teils nach außen in die Haut und teils nach innen in das Holz verteilt.

2. §. Die Lage der einzelnen Teile dieses Parenchyms ist unterschiedlich. Meistens hat es einen diametralen Aufbau und läuft in mehreren Strahlen zwischen ebenso vielen holzigen Portionen von der Peripherie zum Zentrum der Wurzel: Zusammen genommen ergibt es das, was ich im zweiten Kapitel des ersten Buches als „Einsenkungszone" beschrieben habe. In den Wurzeln vieler krautiger Pflanzen wie etwa beim Beinwell sind diese diamtralen oder eingefügten Portionen gut sichtbar. Das hat schließlich zu ihrer Entdeckung in allen anderen, *(Tafel 9.)* sowohl krautiger als auch holziger Pflanzen geführt. Manchmal sind Teile dieses parenchymatischen Körpers ringförmig angeordnet, wie beim Fenchel. Anzahl und Größe dieser Ringe sind variabel. Bei der ausgewachsenen Wurzel von Fenchel sind es oft breite dafür aber wenige Ringe, während sie bei der Rübe *(Tafel 8, 9.)* schmäler, dafür aber zahlreicher sind. Die diametralen Teile sind ebenfalls unterschiedlich. Bei Beinwell und Schöllkraut sind sie größer, bei der Rübe und bei der Ochsenzunge kleiner; bei Borretsch und Pastinak sind sie zahlreich aber klein, und bei den Wurzeln der meisten holzigen Pflanzen verlaufen sie in der Form vieler kleiner Strahlen zwischen Mark und Rinde. Ihre Länge kann ebenfalls unterschiedlich sein. Bei manchen Wurzeln gehen sie bis ins Zentrum, wie bei der Akelei, bei anderen nicht, wie beim Pastinak. Manchmal, wie beim Wein, treten diese Unterschiede auch in ein und derselben Wurzel auf. *(Tafel 17.)*

3. §. Das Gewebe dieser parenchymatischen Teile kann einheitlich sein wie bei der Ochsenzunge und der Pfingstrose, oder ebenso, wie in der Rinde, unterschiedlich. Teilweise ist es saftig und durchscheinend, teilweise auch weißlich, trocken und lufterfüllt wie bei der Karotte, beim Liebstöckel, bei der Schwarzwurzel, und anderen, wozu allerdings ein kritischer Blick notwendig ist. Jedenfalls ist ihr Gewebe im wesentlichen gleich aufgebaut und besteht aus vielen kleinen Bläschen unterschiedlicher Größe, ähnlich denen der Rinde, nur meist kleiner. Auch hier sind sie normalerweise rund; manchmal aber auch länglich und oval wie beim Borretsch oder länglich und eckig wie beim Wein. *(Tafel 17.)*

4. §. Der holzige Teil besteht vielleicht nicht immer, aber doch normalerweise, ebenfalls aus zwei Gefäßtypen, nämlich den saftführenden oder holzigen Gefäßen und den Luftgefäßen. Die holzigen Gefäße besitzen - sofern erkennbar - den gleichen Aufbau und die gleiche Beschaffenheit wie jene der Rinde und sondern beim transversalen Schnitt der Wurzel

ebenfalls eine Flüssigkeit ab. Sie sind ebenso zu mehreren zusammengefaßt, und viele von ihnen verlaufen kollateral in deutlichen Fasern oder Portionen.

5. §. Die Luftgefäße bezeichne ich deshalb so, weil sie keine Flüssigkeit enthalten, sondern feuchte Luft. Sie sind in allen Wurzeln mehr oder weniger gut sichtbar. Mit bloßem Auge kann man sie vom Parenchym anhand ihrer weißeren Oberfläche unterscheiden und auch deshalb, weil sie im Querschnitt etwas hervorstehen, während das Parenchym beim Trocknen unter die Oberfläche einschrumpft. Häufig stehen sie zu mehreren beisammen, manchmal sind es nur wenige, manchmal stehen sie auch einzeln wie beim Spargel, manchmal sind es viele wie beim Meerrettich. *(Tafel 10 & 15.)* Wenn sie nebeneinander stehen, sind sie ebenfalls gebündelt wie die Fasern der Saftgefäße. Allerdings sind sie nie untereinander durchlässig, oder ist das eine Gefäß um das andere herumgewunden, sondern sie berühren sich nur oder verlaufen kollateral. Sie sind auch nicht von größeren in kleinere Gefäße verästelt, sondern verlaufen einzeln von einem Ende der Wurzel zum anderen, ähnlich den Nerven von Tieren.

6. §. Die Bündel aus Luftgefäßen sind ebenso unterschiedlich in ihrer Anzahl wie die der Leitgefäße. Bei Topinambur, Beinwell und Schwarzwurzel sind sie weniger zahlreich, bei Borretsch und Bibernelle gibt es mehr, wie man beim Abziehen der Borke von der Wurzel gut erkennen kann, zumindest bei den Arten, bei denen das leicht geht. *(Tafel 6.)* Oft kommen sie auch in ein und derselben Wurzel unterschiedlich häufig vor. So sind sie bei Borretsch, Schwarzwurzel &c. im Zentrum und nahe der Rinde zahlreicher als im dazwischen liegenden Bereich, wie man beim Spalten dieser Wurzel entlang der Mittellinie erkennen kann. Sie unterscheiden sich außerdem von den Leitgefäßen *(Tafel 6.)* dadurch, daß jene, wie beim Topinambur, zahlreicher vorhanden sind als die Luftgefäße.

7. §. Zwischen diesen Luftgefäßen und dem Rest, der das eigentliche Holz ausmacht, verlaufen die oben beschriebenen parenchymatischen Teile. *(Tafel 6.)* Genauso, wie sie auch zwischen die Leitgefäße der Borke eingestreut sind. Sie bilden so zwei Teile eines Netzwerkes, wobei eines die Ergänzung des anderen darstellt.

8. §. Die Lage dieser zwei Gefäßtypen ist unterschiedlich. Die Leit- oder Holzgefäße verlaufen manchmal in diametralen Linien oder Bereichen, wie beim Wein und den meisten Bäumen. *(Tafel 17.)* Manchmal stehen sie den Luftgefäßen gegenüber, wie bei der Rübe, wobei jeder Ring doppelt ist und sowohl aus Leit- als auch Luftgefäßen besteht. *(Tafel 8.)*

9. §. Bei der Nessel ist ihre Lage sehr eigenartig, wodurch sich jene von den Wurzeln anderer krautiger Pflanzen unterscheidet. *(Tafel 8.)* Die Gefäße sind hier eigenartig vermischt, wobei die Leitgefäße quer über einige, nämlich fünf, sechs, sieben oder mehr Ringe von Luftgefäßen verlaufen. Bei der Zaunrübe sind die gebündelten Luftgefäße deutlich von Leitgefäßen umgeben. Im Traubenkraut *(Tafel 7.)* liegen die Leitgefäße außer in Strahlen in kleinen Ringen unterschiedlicher Größe und unregelmäßiger Verteilung vor und nicht so wie in anderen Wurzeln, die zentralsymmetrisch aufgebaut sind. Im Zentrum dieser Ringe befinden sich verschiedentlich Luftgefäße. Besonders bei jenen, die nicht als Ringe gezeichnet wurden, sondern wie unregelmäßig hin und her gehende Umrandungen aussehen.

10. §. Auch die Anordnung der Luftgefäßen ist, besonders in den oberen Teilen der Wurzel, verschiedenartig und elegant ausgeführt. Bei Ammey und *Lilium-non-bulbosum* formen sie einen Ring, und zwar einen punktierten Ring. Bei der Pfingstrose formen sie einen Ring aus Strahlen; beim Baldrian einen Ring aus Punkten und Strahlen. *(Tafel 7, 8, 9.)* Bei anderen formen sie keinen Ring, sondern längere Strahlen, die entweder Richtung Zentrum verlaufen, wie bei der Schwarzwurzel, oder sich dort treffen, wie bei der Akelei. Beim gemeinen Ampfer liegen sie als einzelne Strahlen vor, während sie bei anderen Ampfer-Arten sowohl als Strahlen und dazwischen eingestreut als kollaterale Bündel vorliegen.

11. §. Bei der Rübe liegen sie in mehreren Ringen vor, wobei jeder Ring aus kurzen Strahlen besteht. Beim Beinwell sind Strahlen und Ringe getrennt, wobei jene außen, die Ringe aber in der Nähe des Zentrums liegen. *(Tafel 8, 9.)* Beim Löwenzahn stehen sie alle beisammen und bilden einen Strang mitten im Zentrum. Bei Geranium und anderen der Gattung bilden sie an der gleichen Stelle eine kleine Faser. Und bei der Zuckerwurzel bilden sie zwei Fasern nahe des Mittelpunktes.

12. §. Beim Schöllkraut bilden sie annähernd parallelen Linien. Beim Pfaffenhütchen ergeben sie eine keilförmigen Anordnung, wobei sie im jungen Teil der Wurzel in drei kleine Keile aufgeteilt sind, deren Spitzen sich genau im Zentrum treffen. *(Tafel 8, 9.)* Beim Fingerkraut und der Erdbeere ergeben sich durch die Anordnung der Gefäße ebenfalls kleine Dreiecke. In den jungen Wurzeln der Eiche bilden sie weder radiäre Linien noch sonstige geradlinige Muster, sondern stehen in welligen Linien beisammen. Beim Borretsch ergibt sich ein spiraliges Muster. Ähnlich, wie es manchmal beim Bingelkraut oder bei *Lapathum unctuosum* auftritt. Beim Meerrettich *(Tafel 15.)* sind sie weder in Ringen oder Strahlen, sondern eher zerstreut angeordnet. Innerhalb der Bündel sind sie aber strahlig angeordnet, wobei zusätzlich noch viele andere Unterschiede vorkommen.

13. §. Der räumliche Anteil dieser Gefäße am Aufbau der Wurzel kann auf zwei Arten berechnet werden, nämlich anhand ihrer Zahl und anhand ihrer Größe. Ihre Zahl kann in bestimmten Wurzeln einigermaßen gut mit bloßem Auge bestimmt werden, da sie oft eine hellere Oberfläche besitzen als die übrigen Gewebe. Das trifft auch für ihre Größe zu. Der innere Durchmesser dieser Gefäße ist in allen Wurzeln größer als der des Holzteils. Denn wenn man die Wurzeln von Wein, Fenchel, Löwenzahn, Pflaume, Holunder, Weide &c. nimmt und sie für einige Zeit zum Trocknen weglegt, und dann eine sehr dünne Scheibe quer von jeder herunterschneidet und diese Scheiben dann so vor das Auge hält, daß das Licht durch die genannten Gefäße fallen kann, werden ihre beträchtlichen Unterschiede an Zahl und Größe sichtbar werden.

14. §. Eine untrügerische und genaue Bestimmung ihrer Anzahl und ihrer Größe muß allerdings mit dem Mikroskop erfolgen. Und dabei sieht man sogar noch größere Unterschiede. Bei Natterwurz und Zuckerwurzel sind nur wenige Gefäße vorhanden, bei der Rübe dagegen sehr viele. Zwischen diesen Extremen gibt es alle Übergänge, die bei Fetthenne, Venusspiegel, Schwarzwurzel, großem Schöllkraut, Pfingstrose, Borretsch, Fenchel &c. gesehen werden können. Ebenso können sie manchmal extrem klein sein, wie etwa bei der Erdbeere, bei der Natterwurz und beim Baldrian, bei anderen wieder sehr groß, wie etwa beim Spargel, bei der Ochsenzunge und beim Wein. Sie können auch in ein und derselben Wurzel unterschiedlich groß sein oder relativ einheitlich sein wie bei *Lilium-non-bulbosum*, beim Spargel und bei der Ochsenzunge. Größere Unterschiede findet man etwa in den Wurzeln der Zaunrübe und beim Liebstöckel. *(Tafel 10 bis 17.)* Unter allen Wurzeln variiert ihre Größe etwa um das 20-fache, wie beim Vergleich der Wurzeln von Wein, Stechapfel, Zaunrübe, Liebstöckel, Fenchel, der wilden Karotte, Steinbrech, Petersilie, Pfingstrose, Andorn, Fingerkraut, Erdbeere, &c. gesehen werden kann. Am größten werden sie beim Wein, bei dem ihr Durchmesser durch ein gutes Vergrößerungsglas betrachtet mindestens 1/3 Zoll stark erscheint, während sie bei der Erdbeere und verwandten Arten am kleinsten sind. Die meisten davon, durch die gleiche Linse betrachtet, erscheinen hier nicht größer als die Spitze einer kleinen Stecknadel, verglichen mit dem Standard in Tafel 12. Vergleiche hierzu auch die Abbildungen aller gezeichneter Wurzeln.

15. §. In einigen Wurzeln sind die Gefäße klein und spärlich, wie beim Topinambur; in anderen aber klein und zahlreich wie beim Meerrettich. *(Tafel 11, 14, 15, 17.)* Bei der Ochsenzunge gibt es wenige große, beim Wein hingegen, zahlreiche große Gefäße. Wenn man Größe und Anzahl zusammen nimmt, so ergibt sich zwischen Wein und Topinambur ein Verhältnis von mindestens 50 zu 1. Bei den kleinsten, wie jenen von Fingerkraut, Topinambur und ähnlichen muß man anmerken, daß sie in den frischen Schnitten dieser Wurzeln kaum jemals sichtbar sind. Wenn man sie aber eine Weile liegen gelassen hat, werden sie letztlich durch ein gutes Vergrößerungsglas, helles Licht und einen sicheren Blick erkennbar.

16. §. In einigen dieser Wurzeln befinden sich die größeren Gefäße im oder in der Nähe des Zentrums, wie bei Taraxacum oder Löwenzahn; *(Tafel 13, 15.)* bei anderen wieder in der Nähe der Peripherie, wie beim Meerrettich. Manchmal sind sie von einem Ende der Wurzel bis zum anderen von gleicher Größe oder eher zylindrisch, wie beim Eibisch; aber normalerweise werden sie von der Spitze zur Basis der Wurzel hin mehr oder weniger größer, wie beim Stechapfel. An der Wurzelbasis haben die Gefäße im Vergleich zum Standard etwa Größe sechs, sieben, oder acht, einige auch Größe fünf, aber keines Größe drei. An der Wurzelspitze besitzen sie meistens Größe drei bis fünf. Woraus ersichtlich wird, daß einige von ihnen, wie Venen, spindelförmig sind. Außerdem kann man erkennen, daß ihr Durchmesser nicht in Richtung Ursprung hin größer wird, sondern vom Ursprung weg, wie bei Nerven.

17. §. Zu diesen Gefäßen hat Malpighi bemerkt, „*Componuntur*" sagte er, „*expositae fistulae Zona tenui & pellucida, velut argentei coloris lamina, parum lata; quae, spiraliter locata, & extremis lateribus unita, Tubum, interius & exterius aliquantulum asperum, efficit.*"

18. §. Zu seiner Beobachtung ergänze ich weiter, daß die schraubigen Versteifungen der Gefäße oder *Lamina,* wie er sie nennt, niemals aus einem einzigen Stück bestehen, sondern aus zwei oder mehreren runden, echten Fasern bestehen. Und obwohl sie kollateral nebenher verlaufen, sind sie doch deutlich getrennt. Außerdem sind diese einzelnen Fasern auch nicht flach wie ein Gürtel, sondern rund wie ein äußerst feiner Faden. Wenn zufällig einige oder mehrere dieser Fasern gemeinsam aus ihrer spiraligen Anordnung in den Gefäßen losbrechen, erscheint diese Zone entsprechend schmäler oder breiter. Normalerweise ist sie im Stamm schmäler und in der Wurzel breiter.

19. §. Außerdem beobachte ich an diesen Fasern, daß sie nicht Seite an Seite miteinander verschmolzen sind, sondern durch andere feinere Fasern miteinander verbunden sind. Jene die Kette und diese der Schuß der Luftgefäße. Allerdings glaube ich, daß die einzelnen Fasern nicht bloß miteinander verwoben sind, wie in einem Gewebe, sondern durch eine Art von Stich verbunden sind, wie die einzelnen Platten oder Bahnen einer Fußbodenmatte. Eine deutliche und eindrucksvolle Ansicht dieser Fasern und ihrer Vernetzung kann gewonnen werden, wenn man eine Weinwurzel oder ein Stück einer Eichenwurzel spaltet und mit einem guten Vergrößerungsglas die Bereiche der größeren Luftgefäße absucht. Das Bild, das sich dabei bietet, hat große Ähnlichkeit mit einer Stickerei.

20.§. Der schraubige Aufbau der Fasern dieser Gefäße kann allerdings besser im Stamm als in der Wurzel untersucht werden. Und dort wieder besser in jüngeren als in älteren Pflanzen. Und weniger gut beim Schneiden als beim Spalten oder beim Ablösen kleiner Gewebeteile durch die sie verlaufen. Auf diese Weise wird ihre Anordnung am wenigsten zerstört, sodaß die Gefäße im wesentlichen unbeschädigt betrachtet werden können.

21. §. In den Blättern und zarten Stengeln aller dieser Pflanzen kommt beim Brechen eine Art Flaum oder Wolle zum Vorschein, die, aufgelöst und ein bis zwei Zoll in die Länge

gezogen, manchmal sogar mit bloßem Auge erkennbar ist. Diese Wolle ist nichts anderes als eine gewisse Anzahl von Fasern, die aus ihrer schraubigen Anordnung in diesen Gefäßen gelöst und in die Länge gezogen wurden. Diese Büschel von Fäden oder dünnen Saiten sind mehr oder weniger deutlich in den Blättern und anderen Teilen der meisten Pflanzen sichtbar; am schönsten aber beim Wein, der Skabiose und anderen; und auch in den Zwiebelschuppen des Blausterns. In diesem letzten Beispiel sind sie so einfach zu isolieren, daß es ein Leichtes ist zu zeigen, was zuvor schon beobachtet werden konnte: Nämlich, daß der Bereich oder das Band in das die Luftgefäße normalerweise aufgelöst werden, nicht aus einem einzelnen Stück besteht oder bloß eine Platte ist, sondern aus mehreren runden Fasern aufgebaut ist, die alle parallel angeordnet sind und parallel verlaufen. Der Zusammenhalt wird durch andere feinere, quer verlaufende Fasern, mit denen sie verknüpft sind, hergestellt. Denn wenn man ein Blatt oder eine Zwiebelschale eines frischen Blausterns bricht oder schneidet bis man zu den Luftgefäßen kommt und sie dann vorsichtig ungefähr ein Zoll oder weiter (gemessen mit bloßem Auge) auseinander zieht, kann man ein oder zwei dieser Gefäße isolieren. Wenn man sie an der Zwiebelschale hängend, acht- oder neunmal herumdreht, erkennt man durch ein Vergrößerungsglas, daß jedes Gefäß aus acht, zehn oder zwölf kleinen Fasern besteht, die im intakten Gefäß parallel verlaufen, aber durch diesen Vorgang alle voneinander getrennt wurden. Vergleiche auch die entsprechenden Abbildungen zum dritten und vierten Buch.

22. §. Die Ausbildung der schraubigen Anordnung erfolgt nach meiner Beobachtung nicht zufällig, sondern immer in gleicher Weise, nämlich in der Wurzel gegen den Uhrzeigersinn, im Stamm dagegen im Uhrzeigersinn.

23. §. Der Inhalt dieser Gefäße ist, wie bereits besprochen wurde, eher gasförmig. Argumente dafür sind, daß der Saft der Wurzel nicht dort austritt, wo sich diese befinden. Auch sind sie nie mit Flüssigkeit gefüllt, wenn man sie durch ein Mikroskop betrachtet. Außerdem, wenn man eine Wurzel schneidet und unter Wasser taucht, bis etwas Wasser auch in diese Gefäße eingedrungen ist, die Wurzel dann heraus nimmt und zusammendrückt, dann wird aus den übrigen Teilen Flüssigkeit entweichen, während aus diesen Gefäßen nur Bläschen austreten. Diese Bläschen entstehen durch die Mischung einer kleinen Menge Flüssigkeit mit Luft, die zuvor in den genannten Gefäßen vorhanden war. Andere Beweise werden sich aus dem ergeben, was im zweiten Teil folgen wird. Auch für den Inhalt dieser Gefäße trifft zu, daß nicht reine oder einfache Luft, sondern eine dampfförmige in ihnen enthalten ist. Ob diese Gefäße in bestimmten Pflanzen und zu bestimmten Zeiten auch Flüssigkeiten enthalten können, ist ungeklärt (a). *(a) Vergleiche Buch 3.)* So viel zum holzigen Teil.

KAPITEL V.
Über das MARK.

Innerhalb des Holzteiles befindet sich das Mark. Es ist aber nicht in allen Wurzeln enthalten, sondern einige, wie Tabak, Stechapfel und andere, besitzen keines. Außerdem besitzen viele in ihren unteren Wurzelteilen gar keines oder nur wenig davon, aber reichlich im oberen Teil, wie Eibisch, Borretsch, Löwenzahn und andere. *(Tafel 6.)* Vergleiche die Abbildungen der Wurzeln. Bei vielen anderen, wie bei Rübe, Fenchel, &c., sind parenchymatische Gewebe, die von der gleichen stofflichen Beschaffenheit wie das Mark sind, zwischen die verschiedenen Gefäßringe eingebettet und überall vorhanden, von der Spitze der Wurzel bis zur Basis. *(Tafel 8.)*

2. §. Die Größe des Markes unterscheidet sich in den einzelnen Wurzeln um einen Faktor von ca. hundert. Bei Fenchel, Löwenzahn und Spargel ist es sehr klein, bei Meerrettich, Baldrian und Natterwurz sehr groß. Seine Form ist in den unteren Teilen der meisten Wurzeln pyramidal, in den oberen Bereichen aber unterschiedlich. Entsprechend dem unterschiedlichen Verlauf der Gefäße ist seine Form bei der Karotte etwa hyperbolisch *(Tafel 6.)* und bei der Petersilie oval, wie im Längsschnitt der Wurzel ersichtlich wird.

3. §. Das Mark ist meistens und besonders bei Bäumen ein einfacher Körper. Manchmal ist es aber auch wie die Rinde aus mehreren Geweben zusammengesetzt, wobei eine Anzahl von Leitgefäßen eingestreut sein kann, wie im Querschnitt von Topinambur, Meerrettich &c. *(Tafel 6, & 8.)* bei genauer Beobachtung ersichtlich wird. Die Position dieser Gefäße ist manchmal unregelmäßig, wie bei der Karotte, und manchmal regelmäßig, wie bei der Petersilie, *(Tafel 6.)* bei der sie im Querschnitt in Ringen und im Längsschnitt in Bögen angeordnet sind. Manchmal ist das Mark auch hohl, wie in den horizontal verlaufenden Wurzeln von Ammey-Peterlein: Diese Wurzeln kommen aus dem Stengel, wie bereits im ersten Kapitel gezeigt wurde. *(§. 13, 14, 15.)*

4. §. Wie bei allen anderen Teilen der Wurzel, ist auch der Ursprung des Marks im Samen begründet. Aber manchmal entsteht es auch unmittelbar aus der Rinde. Daher kommt es, daß viele Wurzeln, die kein Mark in ihren unteren Teilen aufweisen, wie Akelei, Liebstöckel &c. im oberen Teil doch eines besitzen *(Tafel 4.)* Da die parenchymatischen Gewebe der Rinde in Bereiche aufgeteilt sind, die zwischen denen des Holzes verlaufen und sich zuletzt im Zentrum treffen und vereinigen, können sie so das Mark aufbauen. Auf die gleiche Weise ist das Mark im oberen Teil einiger Wurzeln entweder aus den oben beschriebenen parenchymatischen Ringen hervorgegangen, indem diese nach und nach ins Zentrum hin aufgeteilt und darin integriert wurden, wie beim Fenchel und anderen Wurzeln erkannt werden kann, wenn man ihre unteren und oberen Teile miteinander vergleicht. Ebenso wie bei Tieren ein bestimmtes Gewebe als die *Dura Mater*, als der Ursprung verschiedener anderer Gewebe fungieren kann.

5. §. Daher scheint auch das Mark von der gleichen stofflichen Beschaffenheit zu sein, wie das Parenchym der Borke und wie die diametralen Bereiche. Und deshalb sind sie auch alle ein Körper und unterscheiden sich in keiner wesentlichen Eigenschaft voneinander außer in ihrer Form und Position. Das ist auch aus dem direkten Übergang zwischen Mark und den diametralen Bereichen sowie ihrer Fortsetzung im Parenchym erkenntlich. Auch im Mikroskop erscheint ihrer Struktur bei allen Pflanzen einheitlich, sowohl im Parenchymgewebe der Rinde, als auch in der Einsenkungszone oder den diametralen Bereichen sowie im Mark und ist gänzlich aus Bläschen aufgebaut.

6. §. Die Bläschen des Marks sind von sehr unterschiedlicher Größe; *(Tafel 9 & 15.)* Selten sind sie, wie beim Spargel, kleiner als in der Rinde, normalerweise aber viel größer, wie beim Meerrettich. Sie können sich gut um das 15- bis 20-fache unterscheiden. Am größten etwa sind jene von Topinambur, kleiner sind sie bei Baldrian und Meerrettich, und am kleinsten sind sie bei der Natterwurz und der Pfingstrose. Die Lage der Bläschen ist im Gegensatz zur Rinde, wo sie häufig unterschiedlich sind, in den einzelnen Pflanzen nicht sehr verschieden, sondern sehr einheitlich. Im Querschnitt sind sie überdies in allen Teilen der Wurzel gleich. Weiters sind sie gleichmäßig gereiht, eines über dem anderen, und erscheinen im Längsschnitt als ununterbrochene Reihe, die über die gesamte Länge der Wurzel geht. Ihre Form ist normalerweise kreisrund, die der größeren, wie beim Topinambur, manchmal auch etwas eckig. *(Tafel 11.)*

7. §. So weit ist das Markgewebe in der Wurzel gut zu erkennen. Zusätzlich, und noch einfacher kann man es im Stamm erkennen, wovon ich im nächsten Buch eine genauere Beschreibung und Skizzierung liefern werde. Allerdings, wenn ich schon davon spreche, darf ich nicht gänzlich verabsäumen an dieser Stelle anzumerken, daß die Wände, der zuvor beschriebenen Blasen nicht aus bloßen Papierhäuten oder rohen Membranen aufgebaut sind, sondern aus vielen Reihen oder Stapeln äußerst feiner, fasriger Fäden bestehen, wobei die meisten gleichmäßig übereinander liegen und von einem Ende der Blase zum anderen verlaufen. Zusätzlich verlaufen auch welche über Kreuz von einer Blase zur nächsten, wie die Kettfäden bei der Weberei. Daher kann man sagen, daß das Mark nichts anderes als ein *Rete mirabile* oder eine unendliche Anzahl äußerst feiner und wunderbar verwickelter Fasern darstellt. Beim Schneiden des Marks mit einer Rasierklinge kann das mit einem guten Vergrößerungsglas erkannt werden. Vergleiche dazu auch die Abbildungen zum dritten Buch.

8. §. Alle Pflanzen zeigen dieses Schauspiel, aber nicht gleich deutlich. Jene mit den größten Blasen am schönsten. Und auch ein und dasselbe Mark nicht in jedem Zustand. Am besten aber ist es zu erkennen, wenn es trocken ist. Denn dann ist es saftleer und der Raum zwischen den fasrigen Fäden deutlicher zu erkennen, wodurch die einzelnen Fasern hervortreten. Es darf allerdings nicht nach dem Schneiden getrocknet werden, da sonst seine einzelnen Teile zusammenfallen und deformiert werden. Vielmehr muß es aus einer noch wachsenden Pflanze gewonnen werden, zu einem Zeitpunkt, an dem das Mark trocken, aber nicht deformiert ist. Wie etwa aus dem Stengel der gemeinen Distel, oder des Topinambur, &c.

9. §. Soweit ich beobachtet habe, sind diese Fäden nicht einzelne Fasern, sondern sind aus mehreren zusammengesetzt. Auch verlaufen sie nicht einfach kollateral, sondern sind mit anderen Fasern in ihrem natürlichen Zustand miteinander verknüpft. Ganz nach der Art und

Weise der Spiralfasern der Luftgefäße. Diesen Zusammenhang habe ich nirgends sonst deutlicher erkannt, als in den weißen basalen Blasen im Querschnitt der großen Binse, bei der sie das Erscheinungsbild einer sehr feinen und dichten Stickerei ergeben.

10. §. Die Fäden, mit denen die genannten Fasern zusammengeknüpft sind, sind wahrscheinlich nie aus mehreren zusammengesetzt und nur selten und nur mit Mühe zu erkennen, außer wenn man das Mark schräg zerreißt, wodurch sie manchmal im Vergrößerungsglas als abgerissene Fasern, die einen viertel, oder einen halben bis einen Zoll lang erscheinen, und so fein sind, wie ein einzelner Faden eines Spinnennetzes. In der Binse sind sie auch manchmal im Längsschnitt zu erkennen. Diese Fasern sind gemeinsam mit den Fäden, die sie zusammenhalten meistens so durchsichtig und liegen so dicht beieinander, daß sie oft wie ein einziges Stück aussehen, wie ein Stück Eis oder ein Wasserfilm selbst; oder sogar wie eine tierische Haut, von der man ebenfalls weiß, daß sie aus Fasern besteht.

11. §. Die Lage dieser Fasern unterscheidet sich von der in den Gefäßen, da jene der Länge nach verlaufen, während diese hauptsächlich der Breite nach oder horizontal verlaufen und von einem Ende des Marks zum anderen gehen. Sie verlaufen zirkulär, wobei, solange sie innerhalb einer dieser Blasen verlaufen, diese rund sind. Wo sie aber von einer Blase in eine andere übergehen, kreuzen sie sich gegenseitig, worauf die Blasen an diesen Stellen eckig werden.

12. §. Der Aufbau der parenchymatischen Teile der Rinde und der diametralen Teile zwischen den Holzteilen gleicht dem des gerade beschriebenen Marks und ist ebenfalls fasrig. So verstehen wir jetzt auch, wie die einzelnen Bündel und Stränge der Gefäße aufgebaut sind: Da die Gefäße die Wurzel der Länge nach durchziehen, wie die Kette, und die parenchymatischen Fasern quer oder horizontal verlaufen, wie der Schuß, sind sie miteinander verwirkt als ob sie vernäht wären. Allerdings scheint ihr Gewebe nicht so einfach aufgebaut zu sein wie bei einem Stück Stoff. Vielmehr schlingen sich viele der parenchymatischen Fasern um jedes einzelne Gefäß und auf die gleiche Art und Weise verlaufen sie von einem Gefäß zum anderen, wodurch sie alle zu einem röhrenförmigen Strang und diese Stränge wiederum zu einem Gefäßbündel zusammenknüpfen. Ganz ähnlich der Nähtechnik Rückstich oder der, die zum Absteppen von Bällen verwendet wird. Ein ungefährer Eindruck davon kann im Mikroskop beim Untersuchen eines Gefäßbündels der Ramie gewonnen werden. Deutlich sichtbar ist es aber in den Blättern und Blüten einiger Pflanzen. Eine Beschreibung dessen werde ich daher unterlassen, bis wir bei der Besprechung jener Pflanzenteile angelangt sind.

13. §. Aus dem Gesagten kann vermutet werden, daß die Luftgefäße, die nach und nach in der Borke erscheinen, nicht aus irgendeiner veränderlichen Substanz entstanden sind, sondern durch die parenchymatischen Fasern von einer runden in eine röhrenförmige Form gebracht wurden.

14. §. Aus dem zuvor Gesagten wird auch deutlich, daß alle parenchymatischen Teile einer Wurzel aus Fasern aufgebaut sind.

15. §. Und letztlich, daß der ganze Körper einer Wurzel aus Gefäßen und Fasern besteht. Außerdem ist es höchst wahrscheinlich, daß diese Fasern selbst wieder röhrenförmig sind

oder aus weiteren Fasern bestehen. Das zu erkennen, erfordert allerdings eine weitere Verbesserung der Mikroskope.

16. §. Der Inhalt des Marks ist manchmal eine Flüssigkeit und manchmal auch eine feuchte Luft. Die Flüssigkeit ist immer durchscheinend, wie die, die in den parenchymatischen Teilen der Rinde enthalten ist, und ist in ihrer Beschaffenheit nicht viel davon verschieden. Die Luft kann mehr oder weniger mit Feuchtigkeit gesättigt sein als die der Rinde. Mit Luft meine ich die, die in den Blasen vorhanden ist. In den Hohlräumen der Fasern, die die Blasen aufbauen, vermute ich eine andersartige Luft. So wie sich in den Blasen eine eher wäßrige und in den Gefäßen eine eher essentielle Flüssigkeit befindet, so befindet sich manchmal in den gleichen Blasen eine mit Feuchtigkeit gesättigte Luft und in den Fasern eine einfachere, essentielle Luft.

Eine Beschreibung der

LEBENSVORGÄNGE

in der

WURZEL

hauptsächlich begründet auf der vorangegangenen

ANATOMIE

TEIL II.

Zu philosophieren bedeutet, die Ursachen und den Zweck der Dinge darzustellen. (*Theologie* ist der *Anfang* und das *Ende der Philosophie.*) Deshalb vermag niemand, der Gott verleugnet, das wahrheitsgemäß zu tun. Nimmt man die erste Ursache weg, werden alle Dinge zufällig und ungewiß. Was nun aber zufällig und ungewiß ist, auch wenn es sich ereignete, kann daher weder einen Grund noch einen Zweck haben, sodaß der Mensch dann das, was nicht ist, studieren müßte. So kann auch die Ursache einer zufälligen und ungewissen Sache nicht konstant sein. Was auch immer der ursprüngliche Grund gewesen sein mag, es läßt sich, wenn etwas so zufällig und ungewiß ist, kein Grund für die Zukunft ableiten. Und kein physikalischer Plan, der auf Konstanz und Sicherheit der Dinge beruht, kann dafür eine Grundlage liefern. Daher treibt jener, der philosophiert und Gott dabei verleugnet, ein kindisches Spiel.

2. §. Deshalb führt uns die Natur, wenn Grund und Ursache der Dinge genauestens betrachtet werden, naturgemäß zu Gott und ist somit auch ein Weg für uns, Ihm unsere Verehrung zu versichern, indem Er uns nicht nur im Allgemeinen eine Demonstration seines Seins gibt, sondern auch im Besonderen durch die verschiedenen Befähigungen davon, vor allem durch Güte, Richtigkeit, wohldurchdachte Verhältnisse, Ordnung, Wahrheit und was noch alles liebenswert an der Schöpfung ist. Alles zusammen ist eine Demonstration Gottes. Und gerade

auch deswegen ist es unmöglich, daß Gott irgendeine Sache nicht genau nach seinesgleichen getan haben sollte. All diese Gründe und das Wissen, welches wir davon haben, sind Entwürfe, welche das Ergebnis aus dem Schoß der göttlichen Natur sind.

3. §. Aus denselben Gründen haben wir auch eine größere Versicherung von der Vortrefflichkeit Seines geheiligten Wortes, da Er, der alle Dinge so außerordentlich gut gemacht hat, die Sprache ebenso gut wie das, was er gemacht hat, gebrauchte. Es ist undenkbar, daß Er, der in so wunderbarer Weise den Menschen geschaffen hat, nicht am besten wissen könnte, was die wahren Prinzipien und Anlagen sind und welche Taten am besten dazu passen; und daß Er, der den Menschen mit solcher Schönheit und Lieblichkeit geschmückt hat, ihn als Übung dieser Taten irgendwie unförmig und unlieblich schuf, und daß Er, der alle Dinge so wohl nach sich gemacht hat, nun von seiner Schöpfung fordert, es anders zu tun. All das ist undenkbar.

4. §. Und wie wir nun dazu gelangt sind, unser Begreifen Seiner Gesetze ständig zu verbessern, so mögen wir es auch mit seinen Geheimnissen tun. Obwohl es so viele Hinweise von der Art ihrer Existenz gibt, besitzen wir dennoch kein sicheres Wissen. Über ihre Existenz können wir nur soweit sicher sein, wie es uns unsere Sinne erlauben, denn wir vermögen genausogut zu verleugnen, was Gott gemacht hat als auch ihr Sein, als auch, was er gesprochen hat und daß es wahr ist, da wir nichts über das Wie wissen. Aber das Wissen über Dinge wird schrittweise erreicht, denn wir haben die Möglichkeit nachzusinnen und begreifen nun Dinge, die uns einst unverständlich waren. Ich kann daher einmal wissen, was ich jetzt nicht verstehe, aber ich kann nicht wissen, was unverständlich ist: Was ich jetzt nicht weiß, weiß ich vielleicht später, und bin ich es nicht, so ist es ein anderer; und ist es kein Mensch oder ein anderes Geschöpf, so genügt es, daß Gott sich selbst völlig versteht. Es ist daher nicht das Wissen über die Natur, ausgenommen Wissen, welches auf mutwilligen Phantasien menschlichen Geistes basiert, das Gott entweder vergessen oder übertrieben von ihm denken läßt.

5. §. Wir haben auch keinen Grund uns davor zu fürchten, daß wir in unseren Studien über die Natur zu weit gehen oder daß wir überhaupt damit beginnen, denn je weiter wir durch Betrachtung der Natur mit unserem Wissen kommen, desto näher kommen wir auch dem göttlichen Schöpfer. Zu denken, daß es irgendein Widerspruch ist, wenn uns die Philosophie lehrt, daß das, was uns die Religion und die Heiligen Schriften lehren, eigentlich von der Natur gemacht wurde, verhält sich so, wie wenn man sagen würde, daß die Unruhe einer Uhr von einem nächsten Rad bewegt wird, was bedeutet, daß man dieses Rad und den Rest, der durch die Feder bewegt wird, verleugnet; denn sowohl die Feder als auch alle anderen Teile wurden vom Schöpfer der Uhr dazu veranlaßt, sich zusammen zu bewegen. So ist Gott wahrlich die Ursache dieses Effektes, obwohl angenommen werden sollte, daß tausend andere Ursachen dazwischenliegen, denn die ganze Natur ist eine einzige große Maschine, die von Gott gemacht wurde und in seiner Hand gehalten wird. Und wie es der Kunst des Uhrmachers entspricht, daß sich der Zeiger, ohne daß er dabei immer seine Hand im Spiel hat, regelmäßig von Stunde zu Stunde bewegt, so entspricht es der göttlichen Weisheit, daß die Teile der Natur so harmonisch ersonnen und zusammengefügt sind und auf alle Arten von natürlichen Bewegungen und Effekten zusammenwirken, ohne des außergewöhnlichen und unmittelbaren Einflusses des Schöpfers zu bedürfen.

6. §. Folglich ist das ursprüngliche Wesen aller Dinge die geeignetste Demonstration von Gottes Macht, wie auch das Aufeinanderfolgen von Generationen und die Wirksamkeit der Dinge die geeignetste Demonstration seiner Weisheit sind. Würden wir nun annehmen, daß Gott jedes Ding gemacht hat und nun immer noch macht, würde keinerlei Effekt aus natürlichen Gründen geschehen können. Weitergedacht würde er ununterbrochen mit dem Schöpfen beschäftigt sein und nicht, wie es uns die Heiligen Schriften versichern, mit dem

Ausruhen davon. Auch könnten wir dann erwarten, daß das Entstehen eines Kindes sowohl in einem Ei als auch in einem Schoß geschehen könnte, oder das eines Huhnes aus einem Stein oder einem Ei, wie überhaupt alle Arten von Tieren wie auch von Pflanzen ihre Art ohne Koitus fortzupflanzen in der Lage wären. Denn unendliche Macht würde keinerlei Unterschied bei den Dingen, die sie zu verwalten unternimmt, machen. Denn in der Tat wurden diese Dinge nicht nur gemacht, sondern geradezu so gemacht, daß sie, gemäß solch sicherer Naturgesetze, ihre natürlichen Effekte selbst zu produzieren in der Lage sind. Gerade hierin offenbart sich empfindsam und ausgezeichnet seine Weisheit. Wie sich ja auch die Weisheit des Regierens nicht darin zeigt, daß sich der König persönlich in jede Angelegenheit einmischt, sondern in der Scharfsinnigkeit seiner königlichen Gesetze, der Zusammensetzung der Minister und zwar so, daß sie wirksam bestimmt werden, wie es der König ja tatsächlich gemacht hat. Je komplizierter und vielfältiger wir die natürlichen Gründe der Dinge annehmen, desto genauer begreifen wir die Weisheit, die in all dem und in den verschiedenen Effekten enthalten ist. Alle Dinge verhalten sich folglich so wie Minister in der Hand Gottes, die zur selben Zeit auf tausend Wegen zu tausend Wirksamkeiten und Zwecken unterwegs sind, und dies mit derselben Sicherheit, als würde Er allen und allem dasselbe allmächtige *Fiat*, welches Er selbst bei der Erschaffung der Welt gebrauchte, zugestanden haben.

7. §. *(Die Göttliche Weisheit zeigt sich im Wachsen der Pflanzen, vorausgesetzt, wir beobachten.)* Diese universelle Monarchie, die in allen besonderen Systemen so hervorragend sichtbar ist, zeigt sich unverringert auch bei den Pflanzen. Unzählbares Vorkommen und geheime Verwicklungen bilden das, wovon wir keine genaue Kenntnis haben, aber mit Hilfe von vielfältigen Meinungen und den vorher ausgeführten und zuletzt eingebrachten Ideen, werden wir vorankommen. Obwohl einige Experimente kurz angeschnitten wurden, denn das, was ich bis jetzt hauptsächlich verfolgt habe, war der anatomische Teil, ist dies jedoch noch nicht alles. Ungeachtet dessen, wie weit uns die bereits gemachten Beobachtungen geführt haben, werde ich mich bemühen, weiter fortzuschreiten. Und wenn ich, für die bessere Klärung des Weges, einige Zusammenwirkungen beigefügt habe, so denke ich doch, daß es nicht nur solche sind, für welche ich einige Gründe geliefert habe, sondern auch solche, für die im folgenden Diskurs weitere Beweise erbracht werden.

8. §. *(Erstens, wie der Boden vorbereitet wird.)* Laßt uns also damit fortfahren, daß es für eine Wurzel, welche ihres besseren Wachstums wegen in der Erde steckt, notwendig ist, daß diese Erde vorbereitet ist. Der Regen, der auf die Erde fällt und einsickert, verdünnt die darin enthaltenen löslichen Substanzen und bewirkt dadurch, daß sie leichter von der Wurzel aufgenommen werden können; er wirkt wie ein *Menstruum*, wie ein Lösungsmittel, welches diese Substanzen aus den übrigen und nutzlosen Teilen der Erde extrahiert.

9. §. Gemeinsam mit dem wässernden Regen bearbeitet die warme Sonne die Erde, wobei es zu einem Aufschluß der Erde und zu einer milden Fermentation ihrer verschiedenen Teile kommt. Die darin enthaltenen löslichen Stoffe verrotten und werden mürbe. Diejenigen Substanzen, die bisher fixiert waren, werden nun gelockert und aufgelöst, und verteilen sich nun reichlich und gleichmäßig im gesamten Erdreich.

10. §. Durch das Pflanzenwachstum erschöpfen sich diese Substanzen kontinuierlich und müssen erneuert werden. Eine Aufeinanderfolge von Nässe, Wind und anderen Wetterformen löst die Blätter und andere Pflanzenteile, und bringt sie zu Boden, wo sie verrotten. Dies wiederum, wie Unkraut, welches untergeackert wird, ergibt einen natürlichen Dünger,

welcher die Erde wieder fruchtbar macht. So werden die Pflanzen jedes Jahr aufs neue zum Teil aus ihren eigenen aufgelösten Substanzen wieder zusammengesetzt.

11. §. Viele dieser Substanzen werden nachdem sie gelöst sind durch die Sonne mehr und mehr geschwächt und verdunsten. Kontinuierlich steigen sie in die Luft auf und verteilen sich in ihr. Dort befinden sie sich dann, obwohl sie ihre pflanzliche Natur nicht verlieren, gemeinsam mit anderen reinen Substanzen. Sie haben jedoch ihre Erdigkeit abgelegt und bilden nun eine feinere, einfachere und essentiellere Form.

12. §. Die Luft ist von elastischer und schwungvoller Natur, welche auf alle Körper gleich kräftig einwirkt. Daher dringt sie auch selbst durch alle durchlässigen Poren in die Erde ein. Beim Eintritt trägt sie viele der besagten pflanzlichen und essentiellen Substanzen mit sich, welche, zusammen mit den übrigen, im gesamten Erdreich verteilt werden. Dadurch und durch die geringste Zufuhr von Wärme kommt es zwar zu keiner vehementen, dafür aber zu einer sehr feinen Fermentation.

13. §. Die weiter aufgelösten und verdünnten Grundsubstanzen würden sofort verschwinden, wenn dies der Regen nicht verhindern würde; aber indem der Regen auf den Boden fällt, ihn durchtränkt und somit ein frisches Lösungsmittel ist, wird der Boden mit vielen Substanzen durchdrungen und gesättigt. Beim Tiefersinken nimmt er diese Substanzen von der Oberfläche in die tieferen Schichten mit sich und reichert diese somit an, ansonsten wären sie mager und kalt. Er legt so einen Vorrat an oder sichert ihn, der bei Bedarf allmählich und sparsam wieder an die oberen Schichten abgegeben wird.

14. §. Der Herbst hat den Vorrat angelegt. Der folgende Winter verschließt dahinter die Türen. Während dieser Zeit schützen wärmere Perioden diese vorrätigen Substanzen und lassen sie weiter reifen, ohne die Gefahr, daß sie verschwinden. Wenn der Frühling zurückkehrt, öffnet er durch die wärmere und beständigere Sonne und durch zarten und häufigeren Regen die Türen und löst die besagten Substanzen auf, womit er eine vollwertige Ernährung für alle Arten von Pflanzen gewährleistet. Diese Nahrung setzt sich hauptsächlich aus Wasser, worin gewisse Teile von Erde, Salz, Säure, Öl, alkoholischen Substanzen, Luft oder ähnlichen verwandten Stoffen gelöst sind, zusammen.

15. §. *(Dann, wie der Saft aufgenommen und in die einzelnen Teile befördert wird. (a) T.1.K.3.§.3. (b) §.11,12)* Die Wurzel, die in der so vorbereiteten Erde steht, ist so beschaffen, daß sie von einer Rinde umgeben ist, die hauptsächlich aus parenchymatischem, schwammartigem Gewebe besteht. Sie wirkt ähnlich einem Schwamm, der die wässrigen Anteile der mit besagten Substanzen durchtränkten Erde aufsaugt; ungeachtet davon auch solche Substanzen, welche im Verhältnis zum wässrigen Anteil zwar gering, aber doch wesentlich sind; daher sind diese anhand ihrer Farbe, ihres Geschmacks oder ihres Geruchs in den parenchymatischen Teilen meistens schwierig nachzuweisen. Es ist wahrscheinlich, daß etwas destilliertes Wasser, welches den Sinnen nichts entdeckt, dennoch teilweise die Möglichkeiten der Pflanzen enthalten mag, aus denen es destilliert wurde. Und es ist bekannt, daß viele Körper, wie Crocus metallorum (pulverisiertes Eisenoxyd?) etwa, viele ihrer Substanzen, ohne wahrnehmbare Veränderung in das *Menstruum* befördern. Obwohl Eis und Schnee weder Geschmack noch Geruch haben, ist es dennoch aufgrund ihrer Gestalt offensichtlich, daß in ihnen gewisse Arten von salinen Prinzipien enthalten sind; oder daß zumindest solche Prinzipien in ihnen enthalten sein müssen, die jenen und verschiedenen Arten von Salzen gemeinsam sind.

16. §. Die Aufnahme des mit verschiedenen Substanzen gesättigten Wassers oder Saftes erfolgt nicht wahllos, sondern wird durch die Haut reguliert. Dadurch wird es filtriert und gereinigt. Die Haut wirkt gemäß ihrer Dicke (a) *(a) T.1.K.2.§1.)* und ihrer Geschlossenheit auf den eindringenden Saft manchmal bloß wie Papier, manchmal wie ein Baumwolltuch und manchmal wie ein Ledersack, je nachdem, wie es die Natur von ihr erfordert. Durch die Haut wird außerdem die Aufnahme des Saftes gebremst, da ihn sonst die schwammige Rinde zu schnell aufsaugen würde und die Wurzel damit überschwemmt würde. Die verschiedenen Leitgefäße, die in der Haut enthalten sind (b) *(b) T.1.K.2.§.4.)* und unmittelbar der Erde benachbart liegen, sind normalerweise mehr oder weniger abgestorben, wodurch sich teilweise schon Grundsubstanzen aus ihnen herausgelöst haben. Der eintretende Saft wird dabei auch mit diesen Stoffen angereichert, wodurch er leichter eintreten kann, da er bereits die Grundsubstanzen der Leitgefäße in sich trägt. Solche Stoffe nimmt der Saft teilweise auch auf, wenn er in die Rinde eintritt.

17. §. Der gefilterte Saft, obwohl rein und aus den essentiellen Teilen bestehend, setzt sich aus heterogenen Teilen zusammen; er wird vom Parenchym der Borke, welche schlaff und schwammig ist, aufgenommen und leicht und mild fermentiert, wobei er nun noch besser aufbereitet ist und noch leichter in alle Blasen besagten Parenchyms eindringen kann. Dabei schwillt es an und dehnt sich so weit aus, wie es seinen Teilen möglich ist. Daraufhin wird der Saft durch den Druck des weiter eindringenden frischen Saftes und den Druck, der durch die Ausgleichsbewegung der geschwollenen und gedehnten Blasen des Parenchyms hervorgerufen wird, in die anderen Teile der Wurzel weitergeleitet.

18. §. Da das Parenchym nirgendwo offen und sichtbar durchlässig ist, sondern aus einer unendlich großen Zahl von kleinen Blasen besteht (c) *(c) T.1.K.3.§.4.)*, wird der Saft dort nicht nur fermentiert und für die weitere Verteilung vorbereitet, sondern wandert von Blase zu Blase, wobei jeder seiner Teile hunderte Male filtriert wird.

19. §. Der fermentierte und filtrierte Saft, wird auf alle anderen Organe aufgeteilt, und zwar gemäß den verschiedenen Substanzen des Saftes, die mit jenen, aus denen die besagten Organe bestehen, übereinstimmen. Wenn der Saft daher von Blase zu Blase wandert, werden die Substanzen, die auf die Fasern besagter Blasen abgestimmt sind, an diese Fasern angelagert und schließlich in sie eingebaut werden. Es sind dies hauptsächlich Wasser, dann saure, alkoholische, erdige, gasförmige und ölartige Substanzen. (d) *(d) Ebenda §.50, 52.)*

20. §. Der Saft wird durch den kontinuierlichen Saftstrom und über beständige Filtration, wobei er einige Substanzen an besagten Fasern zurückläßt, von Blase zu Blase gepreßt, wodurch er mit anderen Substanzen angereichert wird. Ähnlich wie Wasser, das durch ein mineralisches Gefäß fließt, mit diesem Mineral angereichert wird.

21. §. Der so mit den vereinigten Substanzen der parenchymatischen Fasern angereicherte Saft, gelangt mit den korrespondierenden Substanzen, das sind hauptsächlich wässrige, salzige, ölartige und erdige Substanzen, in die holzigen Gefäße. (e) *(e) Ebenda §.51. 52)* Da die parenchymatischen Substanzen mit ihnen vermischt und gewissermaßen auch mit ihnen vereinigt sind, sind sie nun geeignet um aufgenommen zu werden. Einige von ihnen werden in besagte Gefäße eindringen, woraufhin alkalische Öle und alkoholische Säuren aufeinandertreffen. Diese werden sich noch mit anderen Substanzen verbinden und sich nach und nach als ausgefällte Substanz an die Gefäße anlagern. So werden die Gefäße ernährt.

22. §. Während die Zufuhr weiteren Saftes anhält, treten die Substanzen aber nicht nur in den Körper dieser Teile ein, sondern auch in ihre Hohlräume. In den parenchymatischen Fasern, die um die Gefäße geschlungen sind, (a) *(a) T.1.K.5.§.12.)* erhöht sich durch die aufgenommene Flüssigkeit der Turgordruck, wodurch sie sich etwas verkürzen oder in der Länge zusammenziehen. Dadurch legen sie sich fester um die Gefäße und pressen so etwas von der Flüssigkeit, die in ihnen und den Gefäßen enthalten ist in die Blasen zurück.

23. §. Bestimmte Teile des Saftes, die nun mit einigen Substanzen der Gefäße angereichert sind, dringen nun ihrerseits in die parenchymatischen Fasern ein und werden dort eingebaut. Dabei werden besagte Fasern, welche vorher entspannt und ausgedehnt waren, nun ernährt und verändern sich ebenfalls. Einige Teile der vereinigten Substanzen der parenchymatischen und der holzigen Teile sind für beider wirklicher Ernährung notwendig. Ähnlich, wie die Vermengung und gemeinsame Wirkung von Blut- und Nervenflüssigkeiten für die Ernährung und den Aufbau der Gewebe bei Tieren notwendig sind.

24. §. Einige Teile des so zweimal angereicherten Saftes, der nun hauptsächlich aus Wasser, Luft und Säure besteht, gelangen auch in die Wände der Luftgefäße und werden, ähnlich wie vorhin, mit ihnen verbunden. Durch die Aufrechterhaltung des Saftstromes und durch seinen Druck werden einige Teile auch in die Hohlräume besagter Gefäße gedrückt, wo sie ihre höchste Komplexität erfahren. Sie bestehen hier mehr oder weniger aus den Substanzen und Tinkturen der anderen organischen Teile als auch der Luftgefäße selbst, und stellen so eine vermischte Lösung von Substanzen aus allen Organen dar.

25. §. Die parenchymatischen Fasern umgeben auch diese, so wie alle anderen Gefäße, und sind ebenso mit ihnen verbunden. So wird auch oft die darin enthaltene Flüssigkeit wieder herausgepreßt. Notwendigerweise dient der Saft aber nun nicht der unmittelbaren Ernährung diverser Gewebe, sondern, da die Beschaffenheit des Saftes ein luftiges Ferment ist, wird es sich sukzessive in die Luftgefäße einlagern, um von hier über den Saft in die anderen Organe zu gelangen.

26. §. Der so angereicherte Saft kann nun leichter zu den verschiedenen Organen gelangen. Denn keines von ihnen ist gänzlich in sich abgeschlossen. Wäre es aber so, wären sie für den Saft unzugänglich und die inneren Teile, welche auch Nahrung brauchen, würden verhungern. Beide, Luft- und Saftgefäße verlaufen überall in Bögen, wobei die Zwischenräume von parenchymatischen Geweben ausgefüllt sind, (c) *(c) T.1.K.3.§.13.&K.4.§.4,5,7.)* wodurch ein freier und reichlicher Austausch von Säften (und all seiner nach und nach beigemengter Tinkturen) zwischen den einzelnen Geweben und zu allen Teilen jedes einzelnen Gewebes erfolgen kann. Die parenchymatischen Teile, die zwischen den klammerartigen Bögen verlaufen, sind den kleineren Gefäßen, die zwischen den Tiereingeweiden verlaufen ähnlich, wodurch keines der Gewebe Mangel an den Stoffen erfährt, die für seine Ernährung, den guten Zustand oder für das Wachstum notwendig sind.

27. §. Für die bessere Abstimmung der verschiedenen Teile des Saftes sind die diametralen Teile des Parenchyms, welche manchmal geradewegs durch die Rinde verlaufen, zuständig, wie es bei Liebstöckel, Petersilie &c. beschrieben und abgebildet wurde, (d) *(d) T.1.K.3.§.7,8.)* wobei alle oder fast alle zwischen den Saft- und den Luftgefäßen von der

Peripherie ins Zentrum verlaufen. Auf diese Weise wird ein reichliches und luftiges Ferment von einem Gefäß zum anderen befördert. Denn wenn der Saft in die Rinde eintritt, werden die flüssigeren Anteile in seine sukkulenten Bereiche wandern, während die luftigeren, in die weißen und trockeneren diametralen Teile aufgeteilt werden, wobei sie, wenn sie Bereiche mit Luftgefäßen passieren, ihre Substanzen an jene abgeben. Es handelt sich hierbei aber um keine reine und einfache Luft, sondern um eine, die mit den Tinkturen der Saftgefäße versetzt ist. Daher kann man auch beobachten, daß die Saftgefäße nicht in gerader Linie zwischen den diametralen Teilen verlaufen, sondern sich wechselseitig aufeinander zuneigen, wenn die diametralen Teile weiter auseinanderliegen, um diese Teile zu berühren, wie man beim Liebstöckel sehen kann, wobei sie ihre Tinkturen an die Luft abgeben, die durch die besagten diametralen Teile durchstreicht.

28. §. Durch die fortgesetzte Aufnahme frischen Saftes werden sowohl die luftigen als auch die anderen Anteile in das Mark transportiert, wo sie mehr Raum vorfinden und besser verarbeitet werden können. Der besondere Vorteil besteht hier in der etwas höheren Temperatur, die sich aus der größeren Entfernung von der Erde und die bessere Isolierung durch das umgebende Holz oder die vielen Gefäße ergibt. Somit ist das Mark ein Behältnis für eine besser Nahrung, die nach und nach an jene Gefäße abgegeben wird, die in das Mark eingestreut sind und in den Stamm weiterführen. (a) *(a) T.1.K.5.§.3.)* Bei Arten, bei denen aber keine Gefäße im Mark vorhanden sind, ist es normalerweise trockener und ist mit einem luftigeren und wärmeren Saft angefüllt. Dadurch wird das Wachstum der Knospe gefördert, wie durch ein heißes Bett, das man unter sie stellt. Bei vielen Pflanzen mit knorrigen Wurzeln sind die jüngeren sukkulenter und hauptsächlich für die Ernährung des Sprosses zuständig; die älteren sind schwammig und mit Luft gefüllt, um den Saft zu fermentieren und ein früheres Schossen des Sprosses zu ermöglichen, wie beim Schöllkraut, beim Knabenkraut und ähnlichen Arten. Und so sind alle Teile mit einer geeigneten Nahrung ausgestattet.

29. §. *(Wie die verschiedenen Teile ernährt und geformt werden. (b) §.21. (c) Ebenda, §.49,51.)* In diesen Nährstoffen sind die Substanzen des Saftes, wie bereits gesagt wurde, konzentriert und untereinander verbunden (b). Daher besitzt keiner der organischen Teile, wenn er seines Inhalts entledigt wird, irgendeinen Geschmack oder Geruch, wie man am Mark von Pflanzen, an Papier oder Leinengeweben erkennen zu vermag (c). Denn bevor sie nicht durch Aufschluß, heftige Destillation oder verschiedene andere Verfahren herausgelöst werden, können sie nicht auf die Organe dieser Sinne einwirken. Aus demselben Grund sind sie niemals gefärbt, außer durch ihren Inhalt. Und obwohl sie mit dem bloßen Auge betrachtet häufig weiß aussehen, erscheinen sie durch das Mikroskop transparent. In derselben Art wie auch das Blutserum, das Eiweiß, die Sehnen, die Haare und Nägel transparent und ohne viel Geruch oder Geschmack sind, sind die Substanzen in ihnen dennoch mehr oder weniger konzentriert. Werden aber diese Substanzen gewaltsam herausgelöst, sind sie alle verschiedentlich mit solchen Qualitäten ausgestattet.

30. §. Die Konzentration der einzelnen Substanzen ist also für jedes Organen charakteristisch. Bei Vorherrschaft bestimmter Substanzen in den einzelnen Organen, wird der Rest nicht nur durch die Konzentration sondern auch durch Assimilation kontrolliert, wodurch die spezifischen Unterschiede der einzelnen Organe gewahrt werden. Daher sind auch die Saftgefäße immer zäh und biegsam, wie auch alle Rinden, in denen diese Gefäße vorkommen. Und auch wie eine Handvoll Flachs, die nichts anderes enthält als einen Haufen

durch die Rinde verlaufender Saftgefäße. Denn neben Wasser und Erde, sind ein alkalisches Salz und Öl, wie bereits gesagt, die vorherrschenden Substanzen dieser Gefäße (a) *(a) §.21.).* Das Öl ist hauptsächlich für die Zähigkeit dieser Gefäße verantwortlich und da es von klebriger Natur ist, hält es die anderen Substanzen zusammen und verbindet sie. Alkalisches Salz und Erde, die mit ihm verbunden sind, verleiht ihm noch größere Stärke. Daher ist das *caput mortuum* der meisten Körper, besonders jener, die aus Öl und alkalischen Salzen bestehen, spröde und zerbrechlich, da jene Substanzen, welche die restlichen Stoffe miteinander verbinden, dabei verloren gehen. Aus demselben Grund sind die parenchymatischen Teile der Wurzel auch in ihrem natürlichen Zustand spröde und zerbrechlich, da, wie bereits gesagt (b) *(b) §.19.)* hauptsächlich erdige Substanzen vorhanden und besonders die öligen und salinen rar sind. Daher bricht Mark und einfacheres Parenchym leicht, weshalb Getreide, die Wurzel des Erdapfels und verschiedene andere Pflanzen, in getrocknetem Zustand leicht zu Mehl vermahlen werden können. Auch schmecken viele Äpfel nach einem Frost mehlig, obwohl ihre parenchymatischen Teile nicht nur analog, sondern in Substanz und Essenz dieselben geblieben sind (c) *(c) Buch I.K.7.§.14).*

31. §. Und wie die Beschaffenheit der einzelnen Organe von diesen Substanzen abhängig ist, so ist es auch ihre Gestalt. Zuerst wachsen die Leitgefäße durch ihr alkalisches Salz in die Länge (d) *(d) T.2.§.21.).* Denn das ist die primäre Wuchsrichtung dieses Salzes. Und da es im Vergleich zum Rest eine weniger bewegliche Substanz ist, kann es umso besser eine Fixierung oder ein raschen Sprossen bewirken. So zwingt es den anderen Substanzen seine eigene Gestalt auf. Wie auch die Gestalt eines mit Seide oder einem anderen Material bespannten Knopfes von seiner Gußform abhängt und immer dieser entspricht, so entspricht hier das Salz der Gußform und alle anderen eher passiven Substanzen passen sich gemeinsam seiner Form an. Folglich sind diese Saftgefäße auch nicht pyramidal, wie die Venen bei Tieren, sondern besitzen von einem Ende bis zum anderen einen gleichmäßigen Durchmesser, da auch das Wachstum besagten Salzes am ehesten dieser Form entspricht. Aufgrund der ölartigen Substanzen sind sie überdies durchgehend rund oder zylindrisch. Ohne die Wirksamkeit dieser Substanz wären besagte Gefäße flach oder auf irgendeine Weise kantig oder eckig, wie es alle Salzkristalle wie Alaun, Vitriol, Ammoniak, Meersalz, Nitrat &c. sind. Und weil die geistigen und flüssigeren Anteile der Substanzen am wenigsten leicht gebunden werden können, werden jene beweglich im Zentrum zurückbleiben, während die restlichen Teile rundum abgelagert werden. Daher ist jedes Gefäß kein massiver, sondern ein Hohlzylinder und wird so zu einer Röhre.

32. §. Die Milchröhren sind wie die Siebröhren hohl, besitzen jedoch einen etwas größeren Durchmesser. Da ihre Substanzen weniger erdig und ölartig sind, aber auch weniger konzentriert vorliegen, wodurch sie auch leicht von der Luft angegriffen und zerstört werden können, sind sie zarter und leichter dehnbar und geben so den geistigen Substanzen im Zentrum nach. Dadurch erhalten sie einen größeren Durchmesser und sind so besser für den freien Transport des Milchsaftes angepaßt. Dieser Milchsaft ist eine öligere und viskosere Flüssigkeit als die, die in den Lymphgefäßen enthalten ist. Da es hier auch keinen Pulsschlag wie beim Blut der Tiere gibt, könnte es mitunter vorkommen, daß der Milchsaft in den Röhren, durch die er fließt, stagniert, wenn sie nicht einen etwas größeren Durchmesser hätten.

33. §. Wie die salinen Substanzen sozusagen die Gußform für die Leitgefäße darstellen, genauso verhält es sich mit der Luft und den Luftgefäßen. (a) *(a) T.1.K.4.§.23. & T.2.§.24)* Nun sind die Teilchen der Luft, zumindest die, welche beim Aufbau der Luftgefäße beteiligt sind, wahrscheinlich gekrümmt. Durch Zusammenfügung vieler solcher gekrümmter Teilchen werden einige spiralig oder ergeben eine sich windende Form. Darauf beruhen wahrscheinlich die elastischen Eigenschaft der Luft wodurch sie unter Anwendung von Kraft gedehnt oder komprimiert werden kann. Deshalb setzen sich die besagten gekrümmten Teilchen der Luft zuerst wie eine Gußform zusammen, während sich die anderen Teilchen im Nachhinein daran anlagern und damit verbunden werden. So wie vermittels der salinen Substanzen die restlichen Teile in Form langer ununterbrochener Fasern wachsen, so wachsen vermittels der Luft jene Fasern als spiralige Linien und bilden so die Luftgefäße. Sind nun im Verhältnis zu den salinen Anteilen weniger luftige vorhanden, werden die Hohlräume der Luftgefäße weiter oder die Fasern wachsen in größeren Ringen weiter, sodaß sie eher einer geraden Linie näherkommen und in ihrer Gestalt dem Wachstum der salinen Teile ähnlicher sind. Im Gegensatz zu den Siebröhren, die nur in die Länge und niemals wahrnehmbar über ihre ursprüngliche Dicke hinaus wachsen, erweitern jene immer mehr oder weniger ihren Durchmesser. Da ihre Fasern in spiraligen Linien verlaufen, müssen sie beim Weiterwachsen in immer größere Ringe erweitert werden. Da sie im untersten Teil der Wurzel am weitesten von der Luft entfernt sind, und deshalb auch weniger Anteile reiner Luft besitzen als im oberen Teil der Wurzel, geraten sie sozusagen unter die Herrschaft der salinen Substanzen und bilden eher gerade Linien, die in großen Kreisen angeordnet sind. Deshalb sind die Luftgefäße dort normalerweise breiter. (b) *(b) T.1.K.4.§.16.)*

34. §. Bedingt durch die in ihnen enthaltenen Substanzen besitzen auch die parenchymatischen Teile der Wurzel die ihnen eigene Gestalt. Aufgrund ihres sauren Salzes bestehen ihre Wände aus Fasern, die wiederum aufgrund ihrer ölartigen Komponente überall gleichmäßig rund sind. Wahrscheinlich aufgrund der geistigen Substanzen, die sie auch besitzen, sind sie hohl. Aber da die geistige Komponente hier reichlicher vorhanden ist als die Luft, und die salzartigen Stoffe sauer sind, und deshalb mehr unter dem Einfluß der alkoholischen Stoffe stehen als die alkalischen, verlaufen besagte Fasern hier nicht in geraden Linien wie bei den Saftgefäßen, oder in einer gleichförmigen spiraligen Bewegung wie bei den Luftgefäßen, sondern sind in kreisförmiger und tausendfacher Art hin und her gewunden, gemäß den Bewegungen der hier vorherrschenden und aktivsten alkoholischen Substanzen. Die alkoholischen Teile sind hier, wie bereits gesagt, reichlicher und üppiger vorhanden und reichen nicht nur aus, um die Hohlräume der Fasern aufzufüllen, sondern füllen auch unzählige kleine Räume zwischen diesen Fasern aus. Dadurch können sich diese Fasern nicht ganz eng wie die Fäden auf einer Garnspule zusammenwickeln, sondern sind gezwungen, bestimmte Abstände zueinander einzuhalten, wodurch wie beim Brotbacken Blasen entstehen. (d) *(d) T.1.K.3.§.4.)*

35. §. Zuerst werden die zu unterst liegenden Fasern gebildet, ähnlich der Kette in der Weberei. Die ihnen angrenzenden alkoholischen Substanzen werden sich in der Folge an sie anlagern und fixieren und so eine weitere Schicht an Fasern initiieren, die sich nun wie die Schußfäden in noch kleineren Kreisen um die ersteren legen, wodurch letztlich alle miteinander verknüpft werden. (e) *(e) T.1.K.5.§.9.)* Aus demselben Grund werden sich die parenchymatischen Fasern auch um die zuerst geformten Siebröhren wickeln (f) *(f) T.1.K.5.§.12.)* Ebenso formen sie um die Luftgefäße, die im Zentrum stehen und entlang

derer auch die Leitgefäße verlaufen (wie flüchtiges Salz entlang eines Glases oder Frost auf den Fensterscheiben kondensiert) einen Ring.

36. §. *(Wie die einzelnen Teile angeordnet und verteilt werden.)* Einige der ätherischeren und feineren Teile der Luft, die die Wurzel durchströmen, scheinen durch eine Art von Magnetismus die Luftgefäße, in denen diese Substanzen gespeichert sind, strahlenförmig anzuordnen. Diese Anziehungskraft (wie ich mir nicht nehmen lasse sie zu benennen) oder auch magnetische Kraft zwischen der Luft und diesen Gefäßen begründet sich aus der Natur der Substanzen, die beiden gemeinsam sind und aus der elektrischen Natur verschiedener anderer Körper. Der Magneteisenstein ist nämlich nicht der einzige, der Anziehungskräfte entfalten kann. Von anderen Effekten wurde bereits früher (a) *(a)Buch 1.K.2.§.25. & K.4. Append. §.2,3.)* und wird noch berichtet werden. Deshalb sind sie auch in den unteren Teilen der Wurzel am wenigsten regelmäßig angeordnet, da diese weiter von der Luft entfernt sind (b) *(b) T.1.K.4.§.10.)* In den oberen Teilen vieler Wurzeln wie bei Beinwell, Borretsch, und Pastinak, sind die Gefäße, die sich in der Nähe des Zentrums befinden eher unregelmäßig angeordnet, während jene, die nahe der Rinde liegen und somit der Luft näher sind, regelmäßiger und meistens strahlenförmig angeordnet sind. *(Tafel 7,8,9)* Aus dem gleichen Grund mag es sein, daß auch die Leitgefäße in der Rinde immer dann, wenn die Luftgefäße dort häufiger sind, ebenfalls strahlenförmig angeordnet sind, da jene normalerweise die Luftgefäße begleiten. Und daß das Parenchym der Rinde in diametralen Teilen angeordnet ist, wobei dort, wo die Luftgefäße kleiner und seltener sind, diese Teile gleichfalls kleiner oder gar nicht vorhanden sind wie bei Kerbel, Spargel, Löwenzahn, Fetthenne, Natterwurz, Meerrettich, Erdapfel &c. *(Tafel 7,8,9,&c.)*

37. §. Besagte Ätherische Teile der Luft haben nicht nur die Kraft die Luftgefäße anzuordnen, sondern bewirken auch, daß sie sich vom Zentrum aus in die peripheren Bereiche der Wurzeln ausbreiten. Dadurch können auch solche Wurzeln, welche in ihren unteren Teilen kein Mark besitzen, in ihren oberen Teilen eines erlangen. (c) *(c) T.1.K.5.§.1.)* Und dasselbe Mark, welches im unteren Teil anteilsmäßig klein ist, kann im oberen Teil mehr oder weniger ausgedehnt sein. (d) *(d) Ib.§.4.)*

38. §. Die unterschiedliche Verteilung dieser Gefäße ist nicht nur vom Einfluß der Luft abhängig, sondern auch von ihren eigenen Möglichkeiten diesem Einfluß mehr oder weniger nachzugeben. Und daher kommt es öfters vor, daß schlankere Gefäße, die nachgiebiger sind eher vom Zentrum aus zur Peripherie zurückweichen. Folglich stehen sie auch in solchen Wurzeln, wo sie kleiner sind, weiter außen, wie bei der weißen Rübe, bei Topinambur, bei Kartoffeln und anderen. *(Tafel 2. & 6.)* Deshalb sind sie auch weniger häufig in Bögen aufgeteilt und liegen auch in ein und derselben Wurzel, weiter voneinander entfernt, wenn sie kleiner sind. Außerdem sind in den kleineren Luftgefäßen die Ringe weniger häufig und die spiraligen Fasern, aus denen sie bestehen, wachsen weiter. Es ist daher notwendig, daß je kleiner besagte Ringe sind, sie umso häufiger auftreten müssen und daher nehmen sie auch mehr Platz in der Länge der Wurzel ein. Da sie aber nicht in einer geraden Linie gebündelt sein können, wird jedes Gefäß zu einer gekrümmten oder gebogenen Wuchsform gezwungen.

39. §. Die Leitgefäße, die durch die parenchymatischen Fasern mit diesen verknüpft sind, machen ihre Bewegung mit und verteilen sich mit ihnen. Da sie kleiner (e) *(e) T.1.K.3.§.16.)* und biegsamer sind als die Luftgefäße und so den dazwischen verlaufenden Fasern des Parenchyms leichter nachgeben können, sind ihre in Bögen verlaufenden Stränge manchmal beim Topinambur viel stärker verzweigt als die der Luftgefäße. *(Tafel 6.)* Und obwohl

die Saftgefäße mit den Luftgefäßen über die parenchymatischen Fasern verbunden sind, (a) *(a) T.1.K.5.§.12.)* verlaufen sie nicht immer mit ihnen gemeinsam. Sie stehen auch nicht direkt wie die Luftgefäße unter dem Einfluß der anziehenden Kraft der Luft, weshalb die Luftgefäße beim Auseinanderweichen nicht immer alle Saftgefäße mit sich nehmen, sondern oft viele von ihnen im Mark verteilt zurücklassen, wie man bei der Petersilie, der Karotte, beim Topinambur, bei der weißen Rübe und vielen anderen sehen kann. *(Tafel 6.)*

40. §. Die weitere Verteilung der Luftgefäße setzte sich fort, wobei einige von ihnen letztlich die Peripherie der Wurzel verlassen und im unteren Bereich der Pflanzen in Zweigen und Ästen und im oberen Bereich in den Blättern ihre Fortsetzung finden. Und damit sich nicht alle in die Blätter verzweigen und keine mehr für den Stamm übrigbleiben, wie es für die sehr kleinen zutrifft, oder wenn wenig Saftgefäße vorhanden sind, die sie zurückhalten, bleiben oft einige von ihnen gebündelt im Zentrum, von wo sie sich nicht so leicht separieren und verteilen können, sondern direkt im Sproß nach oben verlaufen, wie beim Borretsch. *(Tafel 6.)*

41. §. In Folge der unterschiedlichen Größen, Proportionen und Anordnungen ihrer Teile sind Wurzeln von unterschiedlicher Größe, Form und Lebensdauer und bewegen sich auch unterschiedlich. *(Wie es zu den unterschiedlichen Größen und Formen der Wurzeln kommt)* Die Wurzeln, die wegen ihres jährlichen Wachstums groß sind, besitzen weniger Luft- und Saftgefäße, aber dafür mehr Parenchym. So können die Luftgefäße, oder besser gesagt kann das gasförmige Ferment, das darin enthalten ist, nur einen kleinen Teil des Saftes verdampfen. Dieser Saft kann deshalb auch schlechter in den Stamm aufsteigen, sondern muß deshalb gänzlich oder zum überwiegenden Teil in der Wurzel bleiben, die dadurch wiederum stärker wächst. Dort wo nur wenige Saftgefäße enthalten sind, ist die Wurzel verhältnismäßig groß. Wenn sie aber häufig vorkommen, steht das jährliche Wachstum in keinem Verhältnis zu ihrer Anzahl. Weil nämlich ihre alkalischen Tinkturen, die weiter fließen, nicht so gut geeignet sind die parenchymatischen Gewebe aufzubauen als jene sauren Tinkturen der parenchymatischen Teile. (b) *(b) T.2.§.31.)*

42. §. Wenn die Luftgefäße geschmeidiger sind und so der Anziehung der Luft folgen können, und sich zusammen mit den Saftgefäßen nach außen hin ausbreiten (wie, wurde bereits gesagt) wird die Wurzel auch verstärkt in die Breite wachsen, da nämlich die Ernährung der parenchymatischen Teile, die die Gefäße umgeben, *(Tafel 2. & 7.)* dadurch gleichermaßen gesteigert wird, wie bei der weißen Rübe, beim Topinambur, &c. Dort wo die Gefäße nicht nach außen vordringen, bleibt die Wurzel hingegen schlank, wie beim Spargel, beim Löwenzahn, &c. *(Tafel 7. & 8.)*

43. §. Wenn die Luftgefäße auf das Zentrum oder auf Zentrumsnähe beschränkt sind und groß oder häufig sind und die Saftgefäße, ebenfalls ausreichend vorhanden, mit ihnen gemischt sind, oder sie umgeben, wächst die Wurzel in die Länge, wie es die Wurzeln von Fenchel, Wein, Süßholz, &c. tun. *(Tafel 2, & 17.)* Weil die Luftgefäße ein ergiebigeres Ferment besitzen, wird der Saft gut verdaut und reift. Weil aber die Saftgefäße vergleichsweise zahlreicher vorhanden sind, wird der Saft nicht verdampft, um hauptsächlich in den Stamm aufzusteigen, sondern an Ort und Stelle verbraucht, um das volle Wachstum der Gefäße zu unterstützen. Diese sind nun zahlreicher und stabiler und geben der Expansion der Luftgefäße kaum nach. Deswegen erfolgt das Wachstum der Wurzel und das ihrer Teile weniger in die Breite als in die Länge.

44. §. Wo dieselben Luft-Gefäße seltener, oder eingeschränkter vorkommen, oder von einer dickeren und dichteren Rinde umgeben sind, ist die Wurzel glatt und wenig verzweigt, wie bei Spargel, Pfingstrose und Löwenzahn. *(Tafel 7, 8.)* Aber dort, wo die Gefäße zahlreicher sind und von einer dünneren, kleineren oder gedehnteren Rinde umgeben sind, ist die Wurzel stärker verzweigt, oder strähniger, wie bei Akelei, Scharlei, Rübe oder Tabak. *(Tafel 2, & 7.)* Hier folgen die Gefäße der Anziehungskraft der Luft eher nach und kommen den Randzonen der Rinde immer näher, bis sie zuletzt durch sie hindurch in die Erde vordringen. Da sie aber von parenchymatischen Fasern umgeben sind und auch die Saftgefäße durch Fasern mit ihnen verknüpft sind, (a) *(a) T.1.K.5.§.12.)* brechen die Wurzeln nie nackt hervor, sondern sind immer mit einer gewissen Menge anderer Gewebe ausgestattet. Deshalb wird der Aufbau ihrer Äste und Zweige immer dem Aufbau des Körpers der Wurzel entsprechen.

45. §. Auf Grund derselben Expansionsbewegung und der Flexibilität der Luftgefäße, bringt die Wurzel auch oft Wurzelknospen hervor, die allmählich austreiben und zu neuen Sprossen werden. Bei der Entstehung dieser Knospen, passen sich die Luftgefäße in jeder Hinsicht und jeder Art von Entwicklung an. Sie werden nicht nur nach außen in die Peripherie der Wurzel gezogen, wie bei Faserwurzeln, sondern können auch mehr in die Breite wachsen um eine Wurzelknospe zu bilden. In den Faserwurzeln hingegen sind sie immer eher zusammengezogen. (Tafel 6.) Das ist, wie bereits erwähnt, in Bezug auf die Anordnung der einzelnen Gewebe der grundsätzliche Unterschied zwischen Wurzel und Sproß. (b) *(b) T.1.K.1.§.2,3.)* Daher bilden hauptsächlich jene Wurzeln Wurzelknospen aus, die die kleinsten Luftgefäße haben, (c) *(c) T.1.K.4.§.15.)* da jene am flexibelsten und am ausdehnungsfähigsten sind.

46. §. Weil die Expansionsbewegung dieser Gefäße aber auch teilweise von einer geringen Anzahl von Streben abhängt, treiben die Knospen in den verschiedenen Wurzeln unterschiedlich aus. Dort wo die Anzahl der Streben geringer ist, ragen die Knospen über die Oberfläche der Wurzel hinaus, wie beim Topinambur. *(Tafel 6.)* Dort wo die Streben näher beisammen liegen, wie bei der Kartoffel, sind die Knospen ein wenig darin versteckt. Die Luftgefäße werden hier von den Streben ziemlich eingeschränkt und gehemmt, während die Rinde anschwellen und voll zu wachsen beginnen kann.

47. §. Wenn die Luftgefäße über ihre ganze Länge gleich dick sind, ist die Wurzel ebenso, nämlich zylindrisch, so wie die von Mannstreu, Meerrettich, dem gemeinen Eibisch, Süßholz, &c. Wenn sie aber ungleich groß sind, und zur Spitze hin dicker werden, dann wird auch die Wurzel ungleich. Allerdings ist ihr Wachstum dem der Luftgefäße entgegengesetzt. Sie wird zur Spitze hin nicht dicker, wie die Luftgefäße, sondern dünner oder pyramidal, wie bei Fenchel, Borretsch, der Nessel, Traubenkraut, Stechapfel, &c. beobachtet werden kann. Weil die Luftgefäße an der Wurzelbasis beträchtlich weitlumiger sind, enthalten sie dort ein ergiebigeres Ferment. Außerdem ist der Saft dort auch besser verdampft und ausgiebig in die oberen Teile aufgestiegen. Die Luftgefäße nehmen den ergiebigeren Dampf in sich auf und leiten ihn in die oberen Teile weiter. Dabei rauben sie den parenchymatischen Teilen ihre Nahrung und hindern sie in ihrem Wachstum.

48. §. *(Wie sich Wurzeln unterschiedlich bewegen.)* Auf Grund der unterschiedlichen Proportionen und Anordnung ihrer Teile, sind die Bewegungen der Wurzel auch unterschiedlich. Denn wenn die Luftgefäße nach außen dringen und von einer dünnen Rinde umgeben sind, verläuft die Wurzel horizontal, wie es bei den Horizontalwurzeln der Primel, Ammey-Peterlein, Anemone, &c. beobachtet werden kann. *(Tafel 8)* Diese Wurzeln werden von den senkrechten Fasern, die aus ihnen in die Erden wachsen und in deren Zentrum die Luftgefäße

zusammengefaßt sind, hinuntergezogen. (a) *(a) T.1.K.1.§.15.)* Die Wurzeln werden aber auch durch die Luftgefäße, die der Luft näher und damit ihrer Anziehungskraft stärker ausgesetzt sind, (b) *(b) T.2.§.36.)* gedrängt, sich aufwärts zu bewegen. Dadurch steigen sie weder an, noch sinken sie ab, sondern bleiben auf gleicher Höhe zwischen beiden.

49. §. Wenn die Gefäße aber gebündelt im oder um das Zentrum angeordnet sind und mit einer verhältnismäßig dicken Rinde umgeben sind, wachsen die Wurzeln senkrecht in den Boden, wie bei Löwenzahn, Ochsenzunge, Pastinak, &c. *(Tafel 7,8.)* Die Gefäße sind in den senkrecht verlaufenden Wurzeln stets im Zentrum gebündelt, während sie in den Horizontalwurzeln derselben Pflanze im Querschnitt verteilt sind. Das wird aus dem Vergleich der Horizontal- mit den senkrecht verlaufenden Wurzeln von Ammey, Primel, Topinambur, Schlüsselblume und anderen offensichtlich.

50. §. Wenn die Luftgefäße im Zentrum beieinanderstehen und von einer größeren Zahl von Saftgefäßen umgeben sind, wächst die Wurzel in die Tiefe; das heißt, sie verläuft senkrecht und ist lang. (c) *(c) T.1.K.1.§.9.)* Senkrecht verläuft sie aufgrund der gebündelten Luftgefäße (d) *(d) T.2.§.49.)* und in die Länge wächst sie aufgrund der Übermacht der Saftgefäße, die ausschließlich Längenwachstum aufweisen, wie bei Süßholz, Mannstreu, &c.

51. §. Wenn die Saftgefäße im Vergleich zu den parenchymatischen Teilen überproportional vertreten sind, den Luftgefäßen aber zahlenmäßig unterlegen sind, wächst die Wurzel senkrecht, aber knapp unter der Erdoberfläche. Die Saftgefäße sind kräftig genug, um das senkrechte Wachstum beizubehalten und die Luftgefäße haben genug Einfluß, um die Wurzel vom Wachstum in die Tiefe abzuhalten, wie bei Stechapfel, Tabak, Rübe, &c. *(Tafel 7.)*

52. §. Wenn allerdings die parenchymatischen Gewebe den Luftgefäßen sowohl in der Wurzel als auch im Stamm übergeordnet sind, verändert die ganze Wurzel ihren Platz und sinkt ab. (e) *(e) T.1.K.1.§.10. Buch 1.K.2.§.25, und 4.. Append. §.10.T.2.§.36.)* Nachdem die Luftgefäße weder im Stamm, noch in der Wurzel genug Kraft für eine Aufwärtsbewegung entwickeln können, bestimmen die Faserwurzeln die Wuchsrichtung, dringen in den Boden ein und ziehen sie hinter sich her. Und weil die alten Fasern jährlich verrotten, und in weiterer Folge immer neue nachwachsen, werden sie jährlich immer tiefer in den Boden gezogen, wie bei Tulpe, Lilie, &c. beobachtet werden kann.

53. §. Wenn die Luftgefäße weit im Querschnitt verteilt liegen und häufig sind, führen die Wurzeln oft gleichzeitig eine Auf- und Abwärtsbewegung durch. Beim Rettich und der weißen Rübe sinken die unteren Teile ab, während die oberen (in denen die besagten Gefäße lockerer zusammengefaßt sind und weiter auseinanderstreben, als in den unteren Teilen) ansteigen *(Tafel 2),* oder sogar nach oben wachsen. Daher steigen auch die oberen Teile der meisten jungen Keimwurzeln auf. Weil die ersten Blätter, die verhältnismäßig groß sind und an freier Luft stehen, haben die Luftgefäße darin die Dominanz über die junge Wurzel. So ergeben sie sich der Anziehungskraft der Luft und streben, die Wurzel teilweise hinter sich herziehend, aufwärts.

54. §. Aufgrund der räumlichen Anordnung und der Proportionen der Teile ist auch die Lebensdauer der Wurzel variabel. *(Warum Wurzeln unterschiedliche Lebensdauer besitzen.)* Wenn die Saftgefäße den verhältnismäßig größten Anteil ausmachen, ist die Wurzel ausdauernd, und das in größtem Ausmaß, wie bei Büschen und Bäumen. Weil diese Gefäße ein ergiebigeres Öl enthalten (f) *(f) T.2.§.21.)* und ihre vielen Grundbestandteile stärker konzentriert vorliegen, werden sie seltener von Fäulnis oder Verderbnis durch die Luft betroffen.

55. §. Wenn die parenchymatischen Teile am stärksten ausgebildet sind, lebt die Wurzel selten länger als zwei Jahre und verschwindet dann entweder teilweise oder gänzlich, wie es bei verschiedenen Zwiebeln, knolligen und anderen Wurzeln vorkommt, gleich ob sie porenreich und sukkulent, oder eher kompakt und trocken sind. Wenn sie porös sind, kommen die flüssigen Bestandteile darin im Überfluß vor und die ganze Wurzel verfault entweder aufgrund der stärkeren Fermentation, oder weil die fixierten Komponenten aus den organischen Teilen gelöst werden, so wie z.B. bei der Kartoffel. So können auch Wurzeln von Pastinak und einigen anderen Arten einige Jahre in einem harten und stolligen Boden überleben, während sie in einem fruchtbaren schnell verfaulen würden. Wenn das Parenchym kompakt ist, dringt hauptsächlich Luft in die Wurzel ein, füllt die Zwischenräume aus und tötet die Wurzel auf diese Weise ab: Nicht durch Verfaulen, sonder durch Austrocknung, wie bei Pastinak, dem kriechenden Hahnenfuß, Pfaffenhütchen, &c. (a) *(a) T.1.K.1.§.13,16. & T.2.§.28.)*

56. §. Wenn die Luftgefäße aber den größten Anteil ausmachen und besonders, wenn sie breit sind und stark nach außen streben, ist die Wurzel einjährig, wie bei Stechapfel, Tabak, Cardobenedikt &c. *(Tafel 9)* Aus derselben Verwandtschaft, besitzen jene einjährige Wurzeln, bei denen die meisten Luftgefäße vorkommen. So sind auch Endivie und Gänsedistel, die eine große Menge von Luftgefäßen besitzen, einjährig, während die Wegwarte, bei der nur eine geringere Anzahl vorkommt, eine ausdauernde Wurzel besitzt. Denn bei diesen Arten diffundiert eine sehr ergiebige Luft in alle anderen Gewebe, (b) *(b) T.2.§.25,26.)* die dadurch allmählich härter und zäher und für den Saft undurchlässig werden. Der Saft sollte aber einen freien und universellen Zutritt von einem Teil zum anderen haben. Ähnlich den Knochen, die durch die Ausfällungen aus dem Blut letztlich ihr Wachstum einstellen. Oder aber die gleiche ergiebigere Luft verdampft die Säfte in der Wurzel so weit, daß sie gänzlich in den Stamm aufsteigen und die Wurzel dadurch verkümmert. In diesem Fall unterstützen die Luftgefäße des Sprosses, wenn sie wie beim Getreide zahlreich und der Wurzelmasse überlegen sind, den Weitertransport des Saftes, wodurch die Wurzel ausgelaugt wird, bis sie verbraucht ist und abstirbt.

57. §. Auf Grund der unterschiedlichen Substanzen, aus denen die einzelnen Gewebe zusammengesetzt sind, sind auch deren Inhalte und Qualitäten vielfältig. (c) *(Wie die Inhalte der einzelnen Teile hergestellt werden.) (c) Ebenda §.54.)* Die innere Flüssigkeit jedes Organes wird hauptsächlich über Filtration durch dessen Wände hergestellt. Jene Substanzen des Saftes, die dafür am geeignetsten sind, werden herangeführt und durch die Wände aufgenommen. Auf die gleiche Art, wie wenn Öl und Wasser auf ein Papier geleert werden und das Wasser durchrinnt während das Öl kleben bleibt, oder wie Milchsaft, der durch die Wände der Eingeweide in die Milchgefäße gepreßt wird, oder wie Wasser, das gereinigt wird, indem es vom Gekröse durch die Drüsen derselben Eingeweide gepreßt wird.

58. §. Die Aufbaustoffe für die parenchymatischen Fasern sind alkoholischer, saurer und gasförmiger Natur. Diese Komponenten werden auf ähnliche Weise aufgenommen, während die alkalischen oder öligen größtenteils ausgeschlossen sind. (d) *(d) T.2.§.19.)* Aber durch die Verbindung dieser Substanzen mit den Fasern werden sie in die festen Bestandteile eingebaut. So reguliert das Verhältnis und die Verbindung der Komponenten ihren Transport in die Hohlräume. Weil die dominierenden Bestandteile der Fasern in erster Linie saurer Natur, dann alkoholischer und zuletzt gasförmiger Natur sind, werden in erster Linie die gasförmigen Anteile weitertransportiert. Wenn mehr von ihnen fixiert werden sollen, muß das über Stoffgleichheit und Adhäsion geschehen. Wenn aber weniger gleichartige Teile für eine Verbindung zur Verfügung stehen, können nur wenige gebunden werden. Deshalb beinhalten die Fasern so viele Anteile von Luft, wie sie davon in ihren Körper aufnehmen

können. Aber nicht um sie zu fixieren. Deshalb muß sie nach der Aufnahme in ihre Hohlräume vordringen, wo sie zusammen mit einigen anderen eher alkoholischen Teilen eine ätherische Flüssigkeit bildet. Weil aber auch einige wäßrige oder dampfartige Teile durch sie hindurch fließen, werden umso mehr davon eindringen, je mehr gasförmige Teile hinausgedrängt werden. Diese verlassen in erster Linie die sukkulenteren Fasern des Parenchyms und sind gezwungen sich zu den trockeneren zu begeben. Das sind jene, aus denen die diametralen Teile bestehen. Aus dem selben Grund, aus dem die gasförmigen Teile bis zu einem gewissen Grad aus den sukkulenten Fasern der Rinde hinausgedrängt werden, werden sie gezwungen zurückzuweichen und in die des Markes zu wandern. So werden die Fasern des Markes gefüllt bis die gasförmigen Teile, die weiter in sie hinein drängen, letztlich auch durch die Fasern in die Bläschen eindringen. Daher kommt es, daß die Borke sukkulent ist, das Mark dagegen oft mit Luft gefüllt ist.

59. §. Die Lymphgefäße sind eher erdig und salzig. (a) *(a) T.2.§.21.)* Ölartige und wäßrige Komponenten werden auch reichlich als Nährstoffe aufgenommen und mit ihnen verbunden. Das Wasser, das beweglicher ist als der Rest, dringt leicht versetzt mit den restlichen Bestandteile in den Hohlraum der Lymphgefäße vor. Vor allem die ölartigen Anteile, die reichlich vorhanden sind und weniger geeignet sind als die salzigen, die wäßrigen Teile beim Eintreten zu fixieren und festzulegen, sind es, die ihren Weitertransport ins Innere ermöglichen.

60. §. Die Milchröhren scheinen hauptsächlich durch die gänzliche Verstopfung aller Seiten der parenchymatischen Teile gebildet zu werden. Die in diesen Teilen enthaltene Flüssigkeit, scheint nämlich nicht mit der gleichen Leichtigkeit, wie es normalerweise geschieht, in den Hohlraum dieser Gefäße eindringen zu können. Deshalb tritt nur die dünnere und wäßrigere Fraktion ein, die sich mit einer zweiten Komponente, die, wie gehabt ein ölartiges Elixier oder ein ebensolcher Extrakt ist, zu einem Milchsaft verbindet.

61. §. Das flüssige Ferment, das die Luftgefäße beinhalten, ist auch teilweise von den Bestandteilen der Gefäße abhängig mit denen es bei seiner Filtration angereichert wird. Aber weil die Filtration nicht durch den Körper der Fasern, aus denen die Gefäße zusammengesetzt sind, sondern nur zwischen den Fasern erfolgt, sind die durchgelassenen Bestandteile bunt gemischt und mit einem überproportional großen Anteil trockener Partikel angereichert. Die Partikel werden von hier ins Innere transportiert und dort in einen Luftkörper aufgenommen. (b) *(b) T.2.§.24.)* Die Fasern selbst enthalten so, wie die des Parenchyms, mittlerweile eine eher luftartige und aetherische Flüssigkeit.

62. §. Die Inhalte sind vielfältig, nicht nur auf Grund ihrer Beschaffenheit, sondern auch wegen der Proportion und der räumlichen Anordnung der Teile, wobei die besagten Inhalte mit unterschiedlichen Möglichkeiten und Quantitäten ausgestattet sind, aber dennoch miteinander in Verbindung stehen. Daher kommt es, daß die Weinrebe und das Getreide so wenig ölartige Substanzen beinhalten: Bei diesen sind nämlich die Luftgefäße im Vergleich zu den übrigen Teilen sehr groß und zahlreich. Beim Getreide ist außerdem der Stengel größtenteils innen hohl und wird deshalb zu einem einzigen großen Luftgefäß. Die ölartigen Teile des Saftes werden daher so sehr vom gasförmigen Ferment, das in diesen Gefäßen enthalten ist, verdünnt, (c) *(c) T.2,§.25 & 56)* daß sie zum größten Teil in der alkoholischen Fraktion aufgelöst oder so sehr damit vermischt sind, daß sie, wenn sie nicht in irgendeinem vergleichbaren Körper gesammelt werden, nicht mehr unterschieden werden können. Die hohe Anziehungskraft zwischen alkoholischen oder geistigen Substanzen und Ölen, besonders den essentiellen, ist offensichtlich: Beide sind leicht entflammbar und beide verbrennen restlos. Die Düfte, die wir die Geister der Pflanzen nennen, sind an ihre essentiellen Öle gebunden. Weiters können beide, wenn sie ordnungsgemäß rektifiziert

werden, so leicht wie Wasser und Wein miteinander gemischt werden. Das Öl darf allerdings durch Abtrennung seiner erdigen und salzigen Teile, die ihm seinen fühlbar öligen Körper verleihen, nicht soweit verdünnt werden, bis eine alkoholische Substanz entsteht. Es darf nur so weit verdünnt und damit gemischt werden, bis es davon nicht mehr unterschieden werden kann und wie es die oben genannten Pflanzen erlauben.

63. §. Daher kommt es, das die Milchröhren weiter von den Luftgefäßen entfernt sind und die Saftgefäße dazwischen stehen. (a) *(a) T.9. & 16.)* Die Flüssigkeit, die in ihnen enthalten ist steht nicht so sehr unter dem Einfluß des gasförmigen Ferments und ist daher teilweise eher ölig. Aus dem selben Grund sind Luftgefäße in allen milchsaftführenden Wurzeln unterproportional vorhanden. Diese sind entweder kleiner oder ihre Anzahl ist geringer.

64. §. Aus dem Gesagten können wir einige Informationen über Düfte, Farben und Geschmäcker der Pflanzen ableiten. *(Wie die Düfte der Pflanzen gemacht sind)* Für die Düfte ist hauptsächlich das gasförmige Ferment, das in den Luftgefäßen enthalten ist, verantwortlich. Nicht daß die anderen Teile nicht auch einen Duft absondern, aber in frischen, ungetrockneten und unbeschädigten Pflanzen verursachen sie den intensivsten, besten und unmittelbar wahrnehmbaren Duft. Weil die Luft in die Wurzel eindringt und mit Flüssigkeiten aus den vielen organischen und anderen darin enthaltenen Teilen angereichert durch sie durch bis in die Hohlräume der Luftgefäße vordringt, sind dort die heterogensten und am meisten flüchtigen Flüssigkeiten aus allen Teilen der Pflanze, und somit der geeignetste Grundstoff für den Duft gesammelt. Dieser Duft spiegelt den Geruch aller duftenden Teilen der Pflanze wider. (b) *(b) T.2.§.24.)* Deshalb duften auch die einzelnen Organe überhaupt nicht, denn wenn ihr Inhalt ausgepreßt wird, sind ihre übrigen Bestandteile, wie bereits gesagt wurde, überaus eng miteinander verbunden und zusammengelagert. Daher duften also jene Teile, oder sonstige Körper, deren Bestandteile stärker gebunden sind, selbst nicht: Deshalb riecht Harz weniger stark als Terpentin und Pech weniger als Teer. So ist es auch in vielen anderen Körpern, die weniger stark duften, wenn sie koaguliert sind, als wenn sie geschmolzen sind. So riecht auch Moschus nicht so intensiv wie Zibet, weil es nicht so flüssig ist, oder Liquidamber nicht so wie Moschus. Denn obwohl es einen besseren Geruch als Moschus hat, gibt es ihn nicht so leicht ab, weil es ein stärker gebundener Körper ist und es einiger Kunstgriffe bedarf seinen Duft zu entfalten. Daher verlieren auch die Blätter vieler Pflanzen ihren Duft beim Zerreiben: Weil die Luft-Gefäße dabei zerbrochen werden, entweicht der gesamte darin enthaltenen Duft auf einmal, der andernfalls nur allmählich durch die Haut ausgetreten ist. Aber die fixierten Teile selbst werden beim Trocknen von Sonne und Luft so verändert, daß sie löslich und flüchtig und dadurch duftend werden.

65. §. Nun also kommen wir zu den Farben. *(Wie die Farben entstehen.)* Die Hautfarben sind sehr unterschiedlich. Wenn verschiedene Saftgefäße, zusammen mit den parenchymatischen Teilen allmählich von der Rinde aus in die Haut übergehen, werden aufgrund ihrer Nähe zu Erde und Luft, (c) *(c) T.1.K.2.§.2,4.)* ihre schwefeligen oder ölartigen Bestandteile mehr oder weniger aufgelöst und erzeugen so verschiedene Farben. Jene Wurzeln, die überall im Inneren purpur werden, besitzen üblicherweise eine dunklere Haut. Dabei können diese beiden Farben durch Auflösung und Zerfall bestimmter Teile leicht ineinander umgewandelt werden, wie bei Beinwell, Distel, &c. Der Milchsaft der Schwarzwurzel, der in den Gefäßen

der Rinde enthalten ist, wird beim Trocknen braun. Deshalb hat auch die Haut, in der einige dieser Gefäße liegen, die selbe Färbung. So sind auch beide, Milchsaft und Haut beim Liebstöckel bräunlich-gelb. Pastinak hat eine klarere Flüssigkeit in den Gefäßen und die Haut ist daher weißlich. Kartoffel, die einige Zeit nachdem sie aus dem Boden ausgegraben wurden aufgeschnitten werden, zeigen im Querschnitt viele rote Flecken, und zwar an den Stellen, an denen die Gefäße stehen. Dementsprechend besitzen sie auch eine rote Haut.

66. §. Ich meine, daß der Grund für diese Färbungen in der Auflösung und Herauslösung gewisser Bestandteile aus den verschiedenen Teilen zu suchen ist. Bewirkt wird diese Auflösung hauptsächlich von der Luft, wobei eine geringere Konzentration von Substanzen die Konsequenz davon ist. Die schwefeligen oder ölartigen Teile, die vorher konzentriert waren, sind nun mehr oder weniger verteilt und finden sich als die verschiedensten Farben wieder, die auch davon abhängig sind, mit welchen anderen Bestandteilen sie gemischt sind. Deshalb können unterschiedliche Farben, in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Teile, in die sie eingelagert oder denen sie zugeordnet sind, erkannt werden. Dort wo die Siebröhren verlaufen, ist eine rote oder andere schwefelige Färbung zu beobachten, weil die öligen Bestandteile, wie gesagt (a) *(a) T.2..§.21.)* in diesen Gefäßen reichlicher vorhanden sind, wie an der Rinde der Pfingstrose, oder an den innen liegenden Teilen der Kartoffel, &c. gesehen werden kann. Wenn die parenchymatischen Teile von den besagten Gefäßen weiter entfernt sind, sind sie üblicherweise weiß oder gelb, da die schwefeligen Komponenten in diesen Teilen, wie gesagt, spärlicher vorhanden sind. (b) *(b) T.2.§.20.)* Dasselbe kann in Wurzeln beobachtet werden, die sowohl gelb als auch rot aussehen. Dabei sind hauptsächlich die Bereiche, in denen die Saftgefäße verlaufen, rot, während die Bereiche, in denen nur Luftgefäße mit parenchymatischen Geweben gemischt sind, gelb sind, wie beim Traubenkraut. So ist auch der markhältige Teil der Karotte, in dem die Luftgefäße nur sehr spärlich mit den Saftgefäßen gemischt sind, gelb, während die Rinde, die reichlich mit Saftgefäßen ausgestattet ist, rot ist. Aus dem gleichen Grund sind viele Wurzeln, die in den oberen Teilen weißlich sind, in ihren unteren purpur oder rötlich, wie bei Benediktenkraut, Erdbeere, &c. Weil diese unteren Abschnitte bereits länger (c) *(c) T.1.§.13.)* unter der Erde gelegen haben (das sind die absinkenden Wurzeln) sind ihre Bestandteile etwas stärker aufgelöst und die öligen Komponenten verteilen sich und färben den gesamten Rest in der gleichen Farbe.

67. §. Daß die Auflösung der schwefeligen und anderen Bestandteile teilweise von der Luft verursacht wird, scheint damit erklärt zu werden, daß hauptsächlich dort, wo die Luft freien Zutritt zu den Saftgefäßen hat, die Farben produziert werden, oder es dort stärker auffällt. So ist das auch bei der Kartoffel, in der die Saftgefäße entweder in unmittelbarer Nachbarschaft zur Außenluft verlaufen, wie in der Haut, oder an die Luftgefäße als Ring in der Rinde angrenzen. Dort erzeugen sie eine rote Farbe. Aber dort, wo sie von beiden weiter entfernt sind, wie in der Mitte der Rinde oder im Zentrum der Wurzel, produzieren sie keine Farbe. Auch die Blätter und Blüten einiger Pflanzen, wie Blutwurz, Sauerklee, Rettich, Flockenblume &c. *sind zwar größtenteils in ihren parenchymatischen Teilen grün oder weiß, aber dort, wo die* Saft- und Luftgefäße zusammenlaufen, sind sie rot, blau und andersfärbig. Das geschieht, weil die ölartigen Substanzen der einen durch die gasförmigen Teile der anderen aufgespalten und freigesetzt werden.

68. §. *(Wie ihr Geschmack entsteht.)* Und zuletzt kommen wir noch zu den verschiedenen Geschmäckern. Viele Pflanzen, die scharf und beißend sind, besitzen im Vergleich zu den Saftgefäßen ein sehr ergiebiges Parenchym, wie die Zehrwurz, der Aronstab und andere. Denn die salzartigen und sonstigen Bestandteile erscheinen weniger scharf, wenn sie mit schwefeligen Bestandteilen aus den Gefäßen, in denen wie gesagt der Schwefel häufiger vorkommt, in ausreichender Menge versetzt sind. (a) *(a) T.2:§.21.)* Im Gegensatz dazu werden sie ziemlich stechend, wenn sie mit etwas Alkohol und Luft vermischt sind. Die verschiedenen

Wurzeln der Umbelliferen und zwar besonders die, die reichlich mit Milchröhren ausgestattet sind, sind scharf, wie Fenchel, Liebstöckel, Engelwurz, &c. Aber es ist nicht ihr Öl alleine, das sie scharf macht, sondern seine Kombination mit den salzartigen Substanzen, wie aufgrund der Beschaffenheit der Samen dieser Pflanzen festgestellt werden kann. Darin ist das Öl am reichlichsten enthalten. Wenn man sie über eine Kerze hält bis sie brennen, sprühen sie aufgrund der Explosionen der salzartigen Substanzen fortwährend Funken. Das ist der gleiche Effekt, wie wenn man Serum oder Blut verbrennt. Und weil diese Samen schärfer sind, sprühen sie auch stärker. So sprüht auch der Kreuzkümmel, der zwar widerlich, aber doch nicht allzu scharf ist weniger Funken. Fenchel und Dille sprühen stärker, weil sie schärfer sind und eine größere Menge flüchtigen Salzes enthalten. Deshalb sind alle essentiellen Öle scharf, weil sie Alkohol und flüchtige Salze enthalten. Einige davon können ausgefällt werden und kristallisieren wie Salze, wie bei Anis, weshalb bei dieser Pflanze mit einer beträchtlichen Menge flüchtigen Salzes gerechnet werden muß. Durch die Beschaffenheit dieser Öle werden auch stinkende und ätzende Säuren vernichtet, weshalb sie magenfreundlich, schmerzlindernd und gegen Blähungen wirksam sind. Auch die flüchtigen Salze alleine haben in manchen Fällen dieselbe Wirkung wie diese Öle.

69. §. Viele Milchröhren, wie die von Löwenzahn und anderen dieser Gattung, sind weniger scharf, als bitter. Und das, obwohl sie durch ihre Milchröhren sehr reich an ölartigen Substanzen sind. Diese Gefäße sind aber in Ringen und nicht in Strahlen angeordnet und besitzen keine diametralen Teile, die durch ihre Rinde *(Tafel 13.)* zu den Luftgefäßen verlaufen. Das Säure-Luft-Gemisch bricht dabei die salzigen Substanzen, ohne sie zu vernichten, und verbindet sie mit den ölartigen Substanzen, sodaß ein bitterer Geschmack entsteht. Deshalb werden viele süße Substanzen beim Verbrennen bitter, weil ihre sauren Anteile überhandnehmen und sich reichlicher mit den ölartigen mischen.

70. §. Die Wurzeln und andere Teile vieler Umbelliferen besitzen einen süßlichen Geschmack, so wie der süße und der gemeine Kerbel, die Garten- und die wilde Karotte, Pastinak, Fenchel, &c. Bei ihnen sind die salzartigen Komponenten in den ölartigen konzentriert und im Vergleich zum Rest in mäßiger Konzentration vorhanden. Durch die ölartigen werden die salzartigen Bestandteile lieblicher und sanfter und weil beide in angemessener Menge vorkommen, sind sie nicht scharf, wie in einigen anderen Umbelliferen-Wurzeln, sondern aufgrund der Dominanz der anderen Bestandteile mild. Deshalb schmeckt auch Zucker, weil er nämlich ein ölartiges Salz ist, süß. Das wird deutlich, weil er sehr leicht entflammbar ist und ohne Wasserzugabe über einer sanften Flamme gelöst werden kann und weil er in geschmolzenem Zustand mit Terpentin und anderen ölartigen Substanzen gemischt werden kann. Auch die sauren Essiganteile, die in einer salzig-schwefeligen Fraktion von Blei konzentriert werden, ergeben Zucker. Daher wird auch Gerste, die bei Destillation oder beim Auskochen lediglich eine Säure ergibt, bei der Umwandlung in Malz süß. Indem sie eingeweicht, gelagert und so fermentiert wird, werden die ölartigen Teile freigesetzt und gewinnen über die anderen Substanzen die Oberhand und erzeugen so zusammen mit jenen diesen Geschmack. Die Galle selbst, die nach Wasser und Erde zum größten Teil aus ölartigen, salzigen und sauren Teilen besteht, ist bitter-süß. Wobei einige der salzigen und sauren Substanzen, durch den Ölanteil entschärft werden und Süße produzieren, so ergeben andere ölartige Substanzen, angereichert mit Salzen und Säuren, den bitteren Geschmack.

6. Anatomie, Histologie, Morphologie: Forschung pur

Die Wurzelforschung setzte also mit den Untersuchungen von MALPIGHI und GREW ein. Um ihren Gedankengängen besser folgen zu können, müssen wir uns den damaligen Stand der Naturerkenntnis etwas vergegenwärtigen: Was über das Leben der Pflanzen geglaubt wurde, stammte größtenteils aus den Lehren der Iatrochemiker. Leben wäre demnach nichts anderes als ein chemischer Gärungsprozeß. Aus den vier aristotelischen Elementen entstünden Pflanzen. Die Lebenswärme triebe den Saft in ihnen. Scharfsinnig unterschied man zwischen der Seele der Tiere, welche außer der Ernährungs- und Fortpflanzungsfähigkeit auch das Empfindungs- und Begehrungsvermögen besaß, und der Pflanzenseele, welcher die letzteren beiden Fähigkeiten abgingen. Die Wurzel wurde als der Mund der Pflanze angesehen und galt gleichzeitig als der Sitz ihrer Seele. Man sprach davon, daß die Pflanzen umgekehrte Menschen seien. Da man ohne Mikroskop und chemische Analyse nicht in ihr Inneres eindringen konnte, beschränkte man sich auf die Betrachtung ihrer äußeren Form. Daher die pedantischen Auseinandersetzungen über dünne und dicke, kurze und lange, krumme und gerade Wurzeln und Stämme, welche sich selbst in GREWs Werk noch finden.

Während MALPIGHI der nüchterne Beobachter und penible Beschreiber des Gesehenen war, hat sich GREW ein ganzes Lehrgebäude aufgebaut. Er wollte als erste Stufe die vergleichende Morphologie zur Begründung eines natürlichen Systems benutzen. Die Anatomie würde als 2. Stufe folgen. Die innere Struktur der Pflanze müsse nämlich einen Zweck haben, und dieser könne nicht der sein, die Menschen mit Verehrung vor der göttlichen Weisheit zu erfüllen. Sie muß einen Zweck für die Pflanze haben. Das 3. Stadium der Forschung sei die physiologische Untersuchung. Der 4. Schritt sollte noch tiefer in den Organismus führen. Er müßte uns die Atome kennen lehren und wäre gewissermaßen die Atomistik der Ernährungsphysiologie und 5. endlich müßte nachgewiesen werden, in welchem Verhältnis die Atome der Organismen zu den Teilchen der anorganischen Stoffe stehen. Es müsse zu diesem Zwecke eine Untersuchung von Wasser, Luft, Erde und Sonne vorausgehen. Und dann wären alle Fragen beantwortet. Großartiger hätte er die Botanik nicht umgrenzen können. Selbstverständlich hat er sein Programm nicht durchführen können. An ihm arbeitet noch heute weltweit die wissenschaftliche Botanik!

Warum trotz dieses großartigen Programms die Forschung stagnierte, ist schwer zu sagen. Vielleicht lag es u. a. daran, daß die Botaniker seit LINNÉ voll und ganz mit der Entdeckung und Beschreibung der Pflanzenwelt beschäftigt waren. Die Anatomie kam erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts wieder zu Ehren. Sie entwickelte sich dann in etwa 30 Jahren soweit, daß sich RADLKOFER in einer Festrede 1883 in München über die Methoden der botanischen Systematik zu dem Ausspruch versteigen konnte: "Die nächsten hundert Jahre gehören der anatomischen Methode" (SOLEREDER 1899: V). Es lag demnach große Hoffnung in dieser Methode, die nun alle offenen Fragen hätte klären sollen. In Österreich hat zu dieser Zeit nur FRITSCH in Graz anatomische Dissertationen zur Aufklärung systematischer Fragestellungen vergeben. Der Großteil davon sollte zu einer der natürlichen Verwandtschaft entsprechenden Gruppierung der *Liliaceae* s. l. führen. Speziell mit dem Periderm der *Rosaceae* in systematischer Beziehung hat sich seine Dissertantin PRODINGER (1908) beschäftigt.

Die Euphorie der Systematiker ist bald einer Ernüchterung gewichen. Die Anatomie lieferte zwar verwendbare Ergebnisse, jedoch keine Wunderdaten!

Wie bereits vorhin ausgeführt, haben sich in Österreich viele anatomische Untersuchungen ausschließlich auf die Beschreibung von Wurzeldrogen und -rohstoffen beschränkt, andere führten zur physiologischen Anatomie HABERLANDTS.

Zur Klärung systematischer Fragen wurde die Wurzelanatomie meines Wissens eher selten herangezogen (SOLEREDER 1899: 978-979).

Und dennoch sind in Graz auch einige rein anatomische Untersuchungen durchgeführt worden. Alle befaßten sich mit Luftwurzeln.



Abb. 29: Hubert LEITGEB (1835-1880).

LEITGEB (Abb. 29), der ein international anerkannter Botaniker war, hat sich mit den Haftwurzeln des Efeu (1858), mit den Wurzeln der südafrikanischen Anthericacee, *Chlorophytum comosum* (1864) und schließlich mit den Luftwurzeln der Orchideen (1865) beschäftigt. Außerdem hat er zusammen mit NÄGELI (1868) eine Publikation über Entstehung und Wachstum der Wurzeln verfaßt.

Hubert **LEITGEB** wurde am 20.10.1835 in Portendorf bei Klagenfurt geboren. Er war als Gymnasiallehrer zuletzt in Linz und Graz tätig und nahm im Wintersemester 1866/67 seine Lehrtätigkeit als Privatdozent mit einer Vorlesung über Anatomie und Physiologie der Pflanzen an der Universität in Graz auf. Am 18.6.1867 wurde er zum a.o. Professor, am 8.10.1869 zum Ordinarius für Botanik ernannt. Mit der Errichtung eines Institutsgebäudes und des neuen botanischen Gartens stark gefordert, aber erfolglos, hat er nach dem Tod seiner geliebten Frau Amalia (+ 6.4.1878 im Alter von 21 Jahren im Wochenbette) und der Tochter Margaretha (+ 10.1.1880, 1 3/4 Jahre) am 5.4.1880 mit einem Kopfschuß seinem Leben ein Ende bereitet (TEPPNER 1997: 126 ff).

Auch PALLA (1889) verfaßte einen Artikel über die Luftwurzeln der Orchideen. Und schließlich hat PORSCH (1908) im Rahmen der Bearbeitung der von R. v. WETTSTEIN aus Brasilien mitgebrachten Orchideen die Luftwurzeln anatomisch untersucht.

PORSCH hat sich hauptsächlich der Blütenbiologie gewidmet; er ist nur am Rande als Wurzelforscher zu bezeichnen. Er hat aber auch 1931 nochmals eine umfangreiche anatomisch-morphologische Studie über die Nähr- und Haftwurzeln von *Philodendron selloum* (1931) publiziert und hat außerdem 1945 den Lebensweg von L. KUTSCHERA gekreuzt.

Otto **PORSCH** (Abb. 30) wurde am 12.9.1875 als Sohn von Amalia und Ludwig PORSCH geboren. Er studierte an der Wiener Universität Botanik und Zoologie und promovierte am 19.7.1901. Von Oktober 1900 bis März 1903 war er als Assistent bei G. HABERLANDT in Graz.



Abb. 30: Otto PORSCH (1875-1959).

WETTSTEIN holte ihn 1903 an das Botanische Institut nach Wien, wo er 8 Jahre verbrachte. Am 9.5.1906 erwarb er die "venia legendi" an der Wiener Universität und 3 Jahre später wurde ihm, als Honorardozenten, die Leitung der Botanischen Lehrkanzel an der Tierärztlichen Hochschule in Wien anvertraut, die er neben seiner Stellung als erster Assistent am WETTSTEIN-Institut bis zu seiner Berufung nach Czernowitz innehatte. Dort wurde er am 1.12.1911 mit der Supplierung der Botanischen Lehrkanzel betraut, am 1.6.1912 zum a.o. Professor und Direktor des Botanischen Gartens und Instituts, am 1.3.1914 zum Ordinarius ernannt, der er bis 31.10.1919 blieb.

Nach dem I. Weltkrieg ging Czernowitz an Rumänien verloren. PORSCH wurde 1920 ordentlicher Professor der Botanik und Vorstand der Lehrkanzel für Botanik und des Botanischen Gartens an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. Im Studienjahr 1932/33 wurde er zum Rektor gewählt.

PORSCH wurde 1934 vorzeitig in den Ruhestand versetzt, im Oktober 1936 wurde J. KISSER an seine Lehrkanzel berufen. Das Blatt wendete sich wieder: nach dem Anschluß Österreichs an das Großdeutsche Reich wurde KISSER in den Ruhestand versetzt und PORSCH wieder eingesetzt. Abermals wurde er 1939/40 zum Rektor gewählt. 1945 übernahm KISSER wieder die Lehrkanzel. Im Archiv der Universität für Bodenkultur in Wien sind über die NS-Zeit keine nennenswerten Aufzeichnungen erhalten geblieben, die Akten wurden offensichtlich rechtzeitig vernichtet. Nur im Akt 313 ist am 24.4.1945 ein kleiner Hinweis zu finden: "Otto PORSCH, Mitglied der NSDAP, aber kein Funktionär, geflüchtet". PORSCH hat sich vor den Russen nach Kärnten abgesetzt, wo er am "Institut für angewandte Pflanzensoziologie" Erwin AICHINGERS in Arriach/Villach Aufnahme fand. Offensichtlich hat AICHINGER dann mit seiner Vergangenheit (über AICHINGER steht im Akt 313: "Dienstantritt nach 12.3.38, Mitglied der NSDAP, unbekannt ob Funktionär, hat sich am 23.4. nicht zum Dienst gemeldet, geflüchtet: unbekannt") selbst Schwierigkeiten bekommen, weil er in einem Internierungslager in Wolfsberg einige Zeit festgehalten wurde. L. KUTSCHERA hat jedenfalls von 1945 bis 1948 die Leitung des Instituts in Arriach übertragen bekommen. Nach Entlassung aus dem Lager ist AICHINGER wieder an sein Institut zurückgekehrt, am 1.7.1948 wurde er wieder als Vertragsbediensteter angestellt. PORSCH ist offenbar nach Wien zurückgekehrt: Sein Sohn Hellmuth (* 4.1.1927, Wien) war im II. Weltkrieg gefallen. Viele seiner wissenschaftlichen Unterlagen, so der Zettelkatalog über Blütenbiologie, waren zerstört. Über die nun folgende schwere Zeit war über ihn weiter nichts zu eruieren. Erst der Unfall auf der Heimfahrt von der Feier des 200. Geburtstages von Paul KITAIBEL (* 3.2.1757) in Mattersburg ist G. WENDELBERGER (mündl. Mitt.) in Erinnerung geblieben. PORSCH wurde dabei eine Rippe gebrochen, die sich in die Lunge bohrte. Diese Verletzung soll der Auslöser für einen Lungenkrebs gewesen sein, dem er am 2.1.1959 in Wien erlag. Über sein Ableben wurde nur im „Flora Malaysia Bull. 14 (1959): 619" mit einem Satz berichtet.

Einer, der sich um die Entwicklungsgeschichte, Anatomie und Histologie der Wurzeln sehr große Verdienste erworben hat, war Hermann von **GUTTENBERG** (Abb. 31).



Abb. 31: Hermann von GUTTENBERG (1881-1969).

Er hat sich zeitlebens als Österreicher gefühlt, obwohl ihn die wissenschaftliche Karriere nach Deutschland führte, wo ihn die politischen Zwänge nach dem II. Weltkrieg zu einem DDR-Bürger machten.

Er wurde am 13.1.1881 in Triest im Küstenland der österreichisch-ungarischen Monarchie geboren. Seine Mutter stammte aus Böhmen, sein Vater Hermann, späterer Landesforstdirektor, Dr. h. c., war für die Aufforstung der Karstgebiete verantwortlich. Nach Absolvierung der Gymnasialjahre in Triest und Graz maturierte GUTTENBERG 1899, um anschließend an der Universität in Wien bei J. WIESNER und R. v. WETTSTEIN Botanik zu studieren. Mit seiner Dissertation "Beiträge zur physiologischen Anatomie der Pilzgallen" wurde er 1904 bei G. HABERLANDT in Graz promoviert, bei dem er anschließend noch als Assistent am Botanischen Institut der Universität wirkte. Nach einem einjährigen Aufenthalt bei PFEFFER von 1907 bis 1908 in Leipzig habilitierte er sich im Jahre 1908 mit der Schrift "Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das immergrüne Laubblatt der Mediterranflora" in Wien und war Dozent an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. Im Jahre 1909 finden wir GUTTENBERG wiederum in Graz, von wo er im Jahre 1910 mit HABERLANDT nach Berlin übersiedelte. Dort übernahm er wichtige organisatorische Aufgaben und war am Neuaufbau des Pflanzenphysiologischen Institutes in Berlin-Dahlem beteiligt. 1912 erhielt er den Professorentitel. Im I. Weltkrieg diente er bei der österreichischen Feldartillerie. Nach Kriegsende nahm er seinen Dienst in Berlin wieder auf und wurde 1919 zum etatmäßigen a. o. Professor ernannt. 1923 erhielt er einen Ruf als o. ö. Professor und Direktor des Botanischen Institutes und Gartens an die Universität Rostock. Von besonderer Bedeutung war für GUTTENBERG eine Forschungsreise (1928/29) nach Ceylon und Indonesien. In der Zeit des Großdeutschen Reiches hätte er sehr auf einen Ruf an die Universität nach Wien gehofft, was aber vereitelt wurde. Im Jahre 1957 emeritierte er und am 8.6.1969 ist er in Rostock gestorben.

Seine große Wanderleidenschaft führte ihn fast jährlich in die geliebte Alpenwelt seiner alten Heimat. Noch als 87-jähriger war er in den Dolomiten. Er sammelte auf diesen Reisen fleißig Alpenpflanzen für das Alpinum in Rostock. Seine wissenschaftlichen Arbeiten sind sehr vielseitig. Für die Wurzelforschung hat er in vielen Einzelbeiträgen und vor allem mit seinen Büchern im Handbuch der Pflanzenanatomie "Der primäre Bau der Angiospermenwurzel" (1940), "Der primäre Bau der Gym- nospermenwurzel" (1941), deren Auflage fast gänzlich bei einem Bombenangriff auf Berlin ein Raub der Flammen wurde; nur der erstgenannte Band wurde – stark erweitert in einer 2. Auflage 1968 – wieder zugänglich, und in 3 Bänden über die Histogenese der Höheren Pflanzen und Pteridophyten (1960, 1961, 1965) immens viel geleistet.

In Österreich selbst hat Maria LUHAN am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien gegen Ende des II. Weltkrieges die alte Tradition der Wurzelanatomie wieder aufleben lassen.

Maria LUHAN (Abb. 32) wurde am 2.7.1915 als Tochter des Oberbahnrates Karl LUHAN und seiner Frau Maria, geb. Joss, in Wien geboren. Im Sommer 1934 legte sie die Reifeprüfung am humanistischen Gymnasium in Wien XVI ab. Anschließend inskribierte sie an der philosophischen Fakultät der Universität in Wien. Nach 9 Semestern Studium der Naturwissenschaften, insbesondere Botanik und Zoologie, mußte sie wegen einer schweren Erkrankung des Vaters ihr Studium unterbrechen, um ihn pflegen zu können und den Haushalt zu führen. Im Juli 1940 trat sie als Bürokraft beim Studentenwerk ein. Nun wollte sie neben ihrer Bürotätigkeit weiterstudieren, was sie nach einem Semester wieder aufgeben mußte. Erst im Mai 1943 war es ihr durch einen Arbeitsurlaub von Seiten des Studentenwerkes möglich geworden, das Studium mit einer Dissertation über „die Goldendodermis der Farne" am Pflanzenphysiologischen Institut fortzusetzen. Ab Mai 1944 war sie Angestellte des Forschungsdienstes und nach Kündigung des Dienstverhältnisses im Studentenwerk ab Oktober 1944 bis September 1953 wissenschaftliche Hilfskraft am Pflanzenphysiologischen Institut. Ihre Promotion fand am 25.3.1945 statt. Erst im Oktober 1953 war für LUHAN eine Assistentenstelle freigeworden.



Abb. 32: Maria LUHAN (geboren 1915).

Auf Bergtouren im Arlberggebiet (1948/49), in der Ankogel-, Sonnblick-, Venediger- und Großglocknergruppe der Hohen Tauern (1950-53) und im Schweizer Nationalpark (1954) sammelte sie Material für ihre Habilitationsschrift "Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen". Mit 2.1.1956 erhielt sie die Lehrbefugnis für Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Der Titel eines a.o. Professors wurde ihr 1964 verliehen. Mit 31.7.1975 trat sie in den dauernden Ruhestand, den sie in Wien verbringt.

LUHAN hatte sich in erster Linie der Wurzelanatomie von Alpenpflanzen verschrieben. Angeleitet vom Altmeister der Fluoreszenzmikroskopie, Dr. h.c. Oberst Max HAITINGER, der sie in die Technik des UV-Mikroskops einführte, rückten Vital- und Fluoreszenzfärbung in den Dienst der histologischen Untersuchungen. Entwicklungsanatomie von Gräsern, die Fluorochromierbarkeit lebenden Plasmas und die Anatomie von Rhizomen und Gallen runden ihre Interessensphäre ab.

Und schließlich hat dann Lore KUTSCHERA in enger Zusammenarbeit mit Monika SOBOTIK der Anatomie der Wurzel wieder gebührende Aufmerksamkeit geschenkt. In den Wurzelatlas-Bänden sind viele anatomische Beiträge enthalten.

Sind die morphologischen Studien MALPIGHIS auch von nie zuvor dagewesener Klarheit gewesen, den eigentlichen Beginn mit abgerundeten morphologischen Untersuchungen machte doch erst Thilo IRMISCH. Seine Studien sind von einer bewundernswerten Präzision bis hin zum kleinsten Detail. Weil für ihn die Wurzeln nur als Teil der gesamten Pflanze gesehen wurden, sind Angaben über sie weitverstreut in seinen Schriften enthalten. Wer sich dem Studium der Morphologie verschreiben will, dem sei das Studium des Gesamtwerkes von IRMISCH sehr ans Herz gelegt!

Johann Friedrich Thilo **IRMISCH** (Abb. 33) wurde am 14.1.1816 in Sondershausen im Fürstentum Schwarzburg geboren. Sein Vater war fürstlicher Jäger, seine Mutter Antoinette FREYTAG die Tochter eines schwarzburgischen Forstrates. Da der Vater eine Stelle als Förster in Schlotheim annahm, wuchs Thilo dort auf. 1829 brachte ihn der Vater in das neugegründete Gymnasium nach Sondershausen. Von der Reifeprüfung wurde er wegen hervorragender schulischer Leistungen befreit. Vom Sommersemester 1836 an studierte IRMISCH in Halle zunächst Theologie und Philosophie, wandte sich aber im 7. und 8. Semester vorwiegend den Naturwissenschaften zu. Nach einer Probepredigt dürften ernstliche Zweifel an seiner Eignung für das Amt eines Pfarrers aufgetreten sein. Nach Abgang von der Universität war IRMISCH als Hauslehrer auf dem Gut Teistenburg bei Worbis in Thüringen, trat aber 1844 als Lehrer in das Gymnasium in Sondershausen ein. In der Schule wurde er 1852 zum Oberlehrer, 1855 zum Professor befördert. Im Jahre 1853 wurde er auf Grund seiner bedeutenden Leistungen als Botaniker von der Universität in Rostock honoris causa zum Dr. phil. promoviert. Zahlreiche ehrenvolle Anträge von deutschen Universitäten, wie die aus München, Halle, Rostock, Erlangen, Leipzig, lehnte der bescheidene Mann ab. Er unterrichtete bis zu seinem Tod am 28.4.1879 am Gymnasium in Sondershausen.

In der Literaturzusammenstellung von MILLER (1974: 10) sind allerdings nur 3 Veröffentlichungen von IRMISCH angeführt. Das bisher vollständigste Verzeichnis ist bei MÜLLEROTT (1980: 69-76) zu finden.

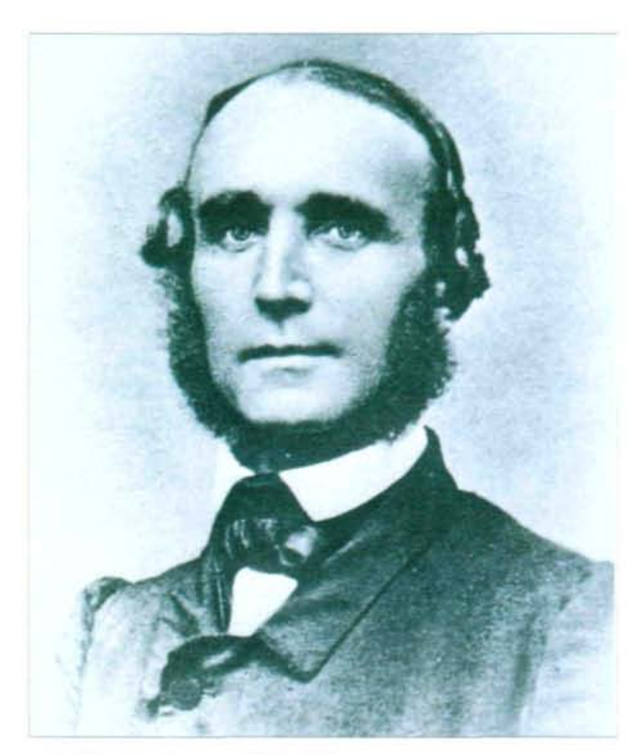


Abb. 33: Thilo IRMISCH (1816-1879).

Ein weiterer Morphologe, der in seinem Hauptwerk "Organographie der Pflanzen" eine vergleichende Betrachtung des Wurzelsystems anstellte, war GOEBEL (1933: 1446-1507).

Karl von **GOEBEL** kam am 8.3.1855 in Billigheim in Schwaben zur Welt, wo sein Vater eine Maschinenfabrik besaß. Von seiner frommen Mutter für den Pfarrberuf ausersehen, zog er nach dem frühen Tod des Vaters in das Stift in Blaubeuren. Die Flora der Schwäbischen Alb ließ ihn aber umsatteln und Botaniker werden. Eine glückliche Fügung führte ihn zu W. HOFMEISTER nach Tübingen, der für seinen weiteren Werdegang richtungsweisend wurde. Im Herbst 1876 ging er zu DE BARY nach Straßburg, wo er im Februar 1877 promoviert wurde. Nach einigen Monaten Aufenthalt auf der Zoologischen Station in Neapel diente GOEBEL in Würzburg sein Einjährigenjahr ab, um Julius SACHS, den besten Pflanzenphysiologen seiner Zeit, dort hören zu können. Bei ihm wurde er Assistent und habilitierte sich 1880. Schon im folgendem Frühjahr kam er als Extraordinarius nach Straßburg, 1882 nach Rostock. Nach der ersten Tropenreise, die ihn im Winter 1885/86 nach Indien und Java führte, erhielt er im folgenden Jahr gleichzeitig einen Ruf nach Marburg und nach Leipzig. Er entschied sich für Marburg. Im Winter 1890/91 bereiste er Venezuela. Nach seiner Rückkehr folgte er mit 36 Jahren auf den verwaisten Lehrstuhl NÄGELIS in München. Die Tropen haben ihn immer wieder in ihren Bann gezogen. 1898/99 reiste er nach Australien und Neuseeland, 1905 nach Nordamerika, 1913 nach Brasilien und noch mit 70 Jahren zum zweiten Mal nach Java. Am 9.10.1932 starb er in München.

Alles bis dahin über die Morphologie der Wurzeln vorhanden gewesene stellte dann TROLL mit seinem voluminösen Werk in den Schatten.

Wilhelm Julius Georg Hubert **TROLL** (Abb. 34) wurde am 3.11.1897 als Sohn des Arztes Theodor Julius TROLL und seiner Frau Elisabeth in München geboren. Seine Kindheit und Schulzeit verbrachte er in Wasserburg/Inn, Rosenheim und München. 1917 legte er das Kriegsnotabitur an einem humanistischen Gymnasium in München ab. Von 1916-1918 war er im Kriegseinsatz an der Westfront. 1919-1921 studierte er an der Universität in München Botanik, 1921 wurde er promoviert, 1923 legte er das Staatsexamen für das höhere Lehramt ab. Von da an war er wissenschaftlicher Assistent am Botanischen Institut in München. Schon 1925 habilitierte er sich. Von 1928-1930 nahm er an einer Sunda-Expedition teil. 1931 wurde er zum a.o. Professor an der Münchner Universität ernannt. Von 1932-1945 war er Ordinarius für Botanik und Leiter des Botanischen Institutes und des Botanischen Gartens in Halle. Im Juli 1945 wurde er von den amerikanischen Streitkräften in die amerikanische Besatzungszone geholt. Nach kurzer Arbeitslosigkeit, war er dann von Jänner bis Mai 1946 Leiter der Oberschule in Kirchheimbolanden/Pfalz. Erst dann wurde er als Ordinarius für Botanik an die Universität nach Mainz berufen, wo er im März 1966 emeritierte. Gestorben ist er am 28. 12.1978 in Mainz-Kastel.

Von der ursprünglich in 3 Bänden geplanten "Vergleichenden Morphologie der höheren Pflanzen" hatte TROLL in Halle die 3 Teilbände des ersten Bandes abschließen können. Der 3. Teilband war den Wurzeln ge-

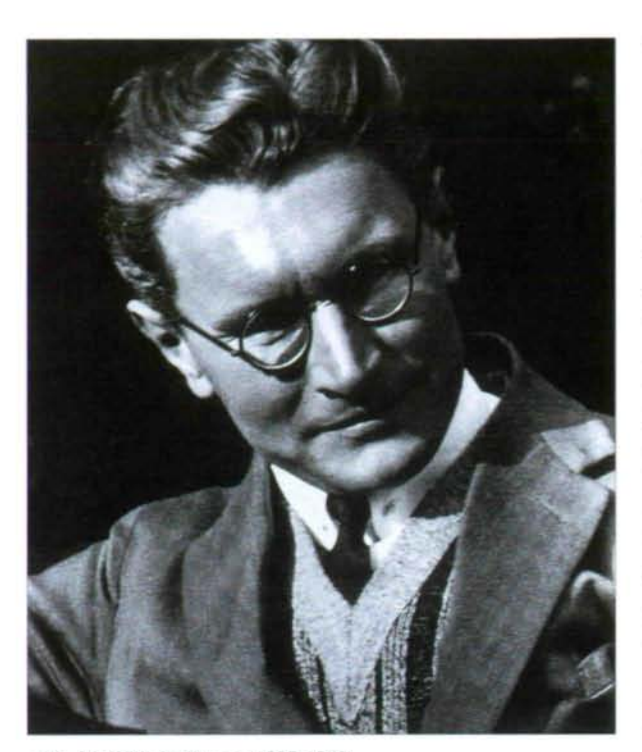


Abb. 34: Wilhelm TROLL (1897-1978).

widmet, er erschien in 4 Lieferungen, die Lieferungen 1-3 1942, 4 1943. Fast die gesamte Auflage einschließlich der Klischees beziehungsweise Druckstöcke war jedoch während der Luftangriffe auf Berlin im Jahr 1944 zerstört worden. TROLL plante eine überarbeitete 2. Auflage, zu der es aber nicht kam. Im Jahre 1967 wurde durch den Verlag Otto KOELTZ in Königstein/Taunus ein Nachdruck herausgegeben, dem 1971 ein von I. & A. SIEGERT bearbeiteter Registerband folgte (NICKEL 1996: 160).

TROLL hat viele Schüler für morphologische Untersuchungen gewonnen. Zwei davon dissertierten bei ihm über Wurzelsprosse (WEBER 1936, RAUH 1937). Auch Hermann MEUSEL (geb. 2.11.1909 in Coburg, gest. 3.1.1997), der sich zeitlebens mit den Wuchsformen der Pflanzen beschäftigte, gehörte zu seinem Schülerkreis. Da er sehr gute Beziehungen zu den österreichischen Botanikern pflegte und sich mehrmals längere Zeit in Österreich aufhielt, hat er sein Wissen auch hierzulande verbreitet. Wie die "Übersicht der Wuchsformtypen als Grundlage für deren Erfassung in der „Flora von Österreich" zeigt (KÄSTNER & KARRER 1995), sind seine Ideen durchaus auf fruchtbaren Boden gefallen.

7. Es kommt Leben in die Zellen – Physiologie

Manchen genügte es, die Anatomie einer Wurzel zu kennen, anderen nicht, sie wollten ihre Funktion und ihre Lebenserscheinungen aufklären. In Deutschland war es Julius SACHS, der mit ausgeklügelten Methoden wertvolle Bausteine zur Wurzelforschung beigetragen hat.

Ferdinand Gustav Julius **SACHS** (Abb. 35), der am 2.10.1832 in Breslau als 7. Kind eines Graveurs geboren wurde, wuchs in bescheidenen Verhältnissen auf. Die Kindheit erlebte er zeitweilig am Land oder in der Kleinstadt Namslan. SACHS's Eltern starben kurz hintereinander, sodaß er mit 17 Jahren völlig mittellos dastand. Er mußte das Gymnasium verlassen und wollte Seemann werden. Da sprang PURKINJE ein, der eben nach Prag berufen worden war. Er stellte SACHS als Privatassistenten und wissenschaftlichen Zeichner gegen freie Wohnung und Verpflegung und 100 Gulden Gehalt ein. SACHS blieb 6 Jahre bei PURKINJE. Er holte die Matura mit Auszeichnung nach und begann das Studium an der Universität in Prag. 1856 wurde er promoviert und bereits im Jahr darauf habilitierte er sich für das Fach Pflanzenphysiologie. Er nahm eine Anstellung an der Land- und Forstwirtschaftlichen Akademie in Tharandt an. Zwei Jahre später, 1861, erhielt er einen Ruf als Professor für Botanik, Zoologie und Mineralogie an der landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf.

Die 6 Jahre in Bonn waren wohl die fruchtbarste Zeit seines Lebens. 1866 wurde er Nachfolger DE BARYS in Freiburg und erhielt schließlich 1868 die Botanik-Professur in Würzburg, die er bis zu seinem Tode am 29.5.1897 bekleidet hat.

Die Methode der Wasserkultur erfand er bei einer seiner ersten Experimentalarbeiten über die Stellung der Seitenwurzeln der Dicotyledonen, um die Wurzeln bequem beobachten zu können. Die Untersuchungen über die Verzweigung der Wurzeln führten SACHS außerdem zum Studium der Keimungsphysiologie. Auch dem Verhalten der Wurzeln und der Wurzelhaare im Boden hat er seine Aufmerksamkeit geschenkt. Der Versuch über die



Abb. 35: Julius SACHS (1832-1897).

Korrosion polierter Gesteinsplatten durch Wurzeln geht ebenfalls auf SACHS zurück. Seine Untersuchungen über den Verlauf des Wachstums hat er zunächst an der Wurzel, später erst am Sproß durchgeführt. Klinostat, Zentrifugalapparat sind ebenso seine Erfindung wie Wurzelkasten und Sieb für hydrotropische Versuche.

Seine meisterhaften Lehrbücher machten seine umfassenden Forschungen schnell allgemein bekannt (MÄGDEFRAU 1992: 259-264).

In Österreich haben Julius WIESNER und seine Schüler diverse Phänomene des Wurzelbereiches zu klären versucht. Wachstum und Wachstumsrichtung waren die zentralen Fragen.

Julius **WIESNER** (Abb. 36) wurde am 20.1.1838 in Tscheitsch in Mähren (heute Cechyné u Slavkova, CR) geboren, übersiedelte aber schon 2 Jahre später mit seinen wohlhabenden Eltern nach Brünn. Den Gymnasialbesuch begann er 1849 in Brünn, nach dem 4. Jahr wechselte er in die neugegründete Oberrealschule, wo er eine umfassendere Ausbildung in den Naturwissenschaften zu erreichen hoffte. Dort hatte er u. a. A. VOGL als Lehrer. Er botanisierte eifrig in ganz Mähren. (Sein Herbarium befindet sich übrigens im Biologiezentrum des O.Ö. Landesmuseums in Linz - LI!). Mit 15 Jahren schrieb er bereits eine Flora von Brünn! 1855 und 1856 wendete er sich der Morphologie zu. Nun hatte er die Oberrealschule absolviert und trat in das technische Institut von Brünn ein. 20 Jahre alt zog WIESNER nach Wien, mittellos, weil seine Eltern in ungünstige Verhältnisse geraten waren. Sein Bruder verschaffte ihm die Stelle eines Erziehers in einem wohlhabenden Haus. Nebenbei besuchte er Vorlesungen an der Universität und am Polytechnikum. Im Jahre 1860 wurde ihm von der Universität in Jena auf Grund seiner Studien und wissenschaftlichen Arbeiten der Grad eines Doktors der Philosophie zuerkannt und in Folge dessen wurde er später von der philosophischen Fakultät in Lemberg nostrifiziert, wo sein Freund A. WEISS Botanikprofessor war.

Im Jahre 1861 habilitierte sich WIESNER als Privatdozent für Pflanzenphysiologie am k. k. polytechnischen Institut in Wien. 1866 wurde er dort zum honorierten Dozenten für Warenkunde ernannt. Weil er sich bei der Pariser Weltausstellung sehr hervortat, wurde ihm 1868 das goldene Verdienstkreuz mit der Krone verliehen. Und bald darauf wurde er zum a. o. Professor, 1871 zum o. Professor an der k. k. Forstakademie in Mariabrunn ernannt. Im September 1873 erfolgte WIESNERS Berufung an die neugegründete Lehrkanzel für Anatomie und Physiologie der Pflanzen an der Wiener Universität, die



Abb. 36: Julius WIESNER (1838-1916).

zunächst noch in einer düsteren, feuchten Hofwohnung untergebracht war. Dort entstanden 1874-1884 von 25 Autoren 88 wissenschaftliche Arbeiten: A. CIESLAR, G. HABERLANDT, H. MOLISCH, O. STAPF (Stapfia!), R. WETTSTEIN, u. a. waren damals seine Schüler! Erst 1885 konnte das Institut im Universitätsgebäude bezogen werden.

Bis zu seinem Übertritt in den dauernden Ruhestand 1909 baute er sein pflanzenphysiologisches Institut aus. Am 9.10.1916 ist er in Wien gestorben.

WIESNER hat die außerordentliche Begabung von Hans MOLISCH wohl bald erkannt und ihn an sein Institut geholt. Sein gärtnerisches Wissen war für die Pflanzenphysiologie natürlich von unschätzbarem Wert.

Hans **MOLISCH** (Abb. 37)wurde am 6.12.1856 in Brünn geboren. Sein Vater besaß die größte Gärtnerei Mährens. Er lernte daher bereits früh alle gärtnerischen Arbeiten kennen und hat sich damit das Basiswissen für seine berühmten „Botanischen Versuche ohne Apparate" angeeignet. Als er im Jahre 1875 an die Universität nach Wien kam, wurde Julius WIESNER sein Lehrer. Nach seiner Promotion 1879 nahm ihn WIESNER als Assistent an sein Institut. 1885 habilitierte er sich an der Universität für Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Schon 1889 erhielt er einen Ruf als a. o. Professor für Botanik und technische Mikroskopie an die Technische Hochschule in Graz. Von 1892 bis 1894 war er auch Kustos der botanischen Sammlung des Landesmuseums Joanneum. Das Jahr 1894 brachte ihm zwei Berufungen als Ordinarius, eine an die Hochschule für Bodenkultur in Wien, die andere an die deutsche Universität nach Prag. Er wählte Prag und blieb dort, bis er 1908 als WIESNERS Nachfolger nach Wien berufen wurde. Er war im Studienjahr 1922/23 Dekan der philosophischen Fakultät. Im Jahre 1922 berief ihn die japanische Regierung an die Universität Sendai, damit er dort lehren und ein großes, modernes biologisches Institut gründen sollte. Er folgte dem Ruf und blieb 3 Jahre in Japan. Für das Jahr 1926/27 wurde er einstimmig zum Rektor der Universität Wien gewählt. 1928 emeritierte er. Nun unternahm er eine große Reise nach Indien, um in Kalkutta zu forschen und zu lehren. MOLISCH ist am 8.12.1937 in Wien gestorben.


Abb. 37: Hans MOLISCH (1856-1937).

Während seiner Assistentenzeit bei WIESNER in Wien hat sich MOLISCH intensiv mit Wurzeln beschäftigt. Die Wurzeln sind nämlich nicht nur für Licht und Schwerkraft, sondern auch für Feuchtigkeit empfindlich. Wird eine lotrecht hängende Keimlingswurzel auf der einen Seite von trockener, auf der entgegengesetzten von feuchter Luft getroffen, so wächst sie zur feuchten Luft hin. Sie ist nach MOLISCH (1883) positiv hydrotropisch (Abb. 38). Wurzeln reagieren nicht bloß auf Unterschiede im Wasserdampfgehalt, sondern zeigen auch bestimmte tropistische Krümmungen, wenn ihnen verschiedene Gase und Dämpfe einseitig dargeboten werden. Werden Wurzeln einseitig von sauerstoffhaltiger Luft und auf der entgegengesetzten Seite von Wasserstoff oder Stickstoff getroffen, so wenden sie sich dem Sauerstoff zu, sie sind positiv aërotrop (MOLISCH 1884). Mit der Schrift „Die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung (Aerotropismus)" hat sich MOLISCH 1885 habilitiert. In der 6. Auflage seiner „Pflanzenphysiolo-

gie als Theorie der Gärtnerei" (1930) ist MOLISCH auch auf den Geotropismus und die diversen anderen Tropismen eingegangen, die auf die Wurzel wirken, und hat dabei auf Seite 148 eine schematische Darstellung des Versuchs von KNIGHT gegeben (Abb. 39). Er verknüpfte seine Überlegungen (p. 179) mit dem Faktum der Polarität: „Es wirkt also im Stengel und in der Wurzel eine innere erbliche Kraft, die an den beiden Enden sich am stärksten geltend macht".

Dem allgegenwärtigen Phänomen, daß die Bäume mit dem Hauptstamm lotrecht nach oben und mit der Hauptwurzel in die Tiefe wachsen, wurde lange nicht nachgegangen. Da wir nur eine Kraft kennen, die im Sinne des Lotes wirkt, ist es sehr wahrscheinlich, daß die Ursache der vertikalen Lage der Hauptachse die Schwerkraft ist. KNIGHT hat 1809 dies auch schon aufgezeigt, indem er bei seinen Versuchen die Schwerkraft mit Hilfe der Fliehkraft überlagerte. Nun stellte sich aber die Frage, wie und womit die Pflanze die Schwerkraft überhaupt registriert.

Besonders anregend wirkte wieder Charles DARWIN, der als alter Mann mit Unterstützung seines Sohnes Francis noch ein Buch über „the power of movement in plants" (DARWIN 1880) verfaßt hatte, in dem er auch seine Untersuchungsergebnisse über das Wurzelwachstum einbrachte. In seiner Autobiographie schreibt DARWIN (herausgegeben von seinem Sohn Francis DARWIN, ins Deutsche übersetzt von J. F. CARUS, 1893) über sein Buch "Über das Bewegungsvermögen der Pflanzen" (CARUS 1893: 65): „Ich empfand daher ein specielles Vergnügen, als ich zeigen konnte, wie viele und wie wunderbar schön angepaßte Bewegungen die Spitze einer Wurzel besitzt". Er berichtet darin, daß der Schwerkraftreiz nicht von der ganzen Wurzel aufgenommen wird, sondern daß es hauptsächlich die äußerste Spitze ist, die den Reiz aufnimmt und dann von hier an die knapp dahinterliegende Region weitergibt.

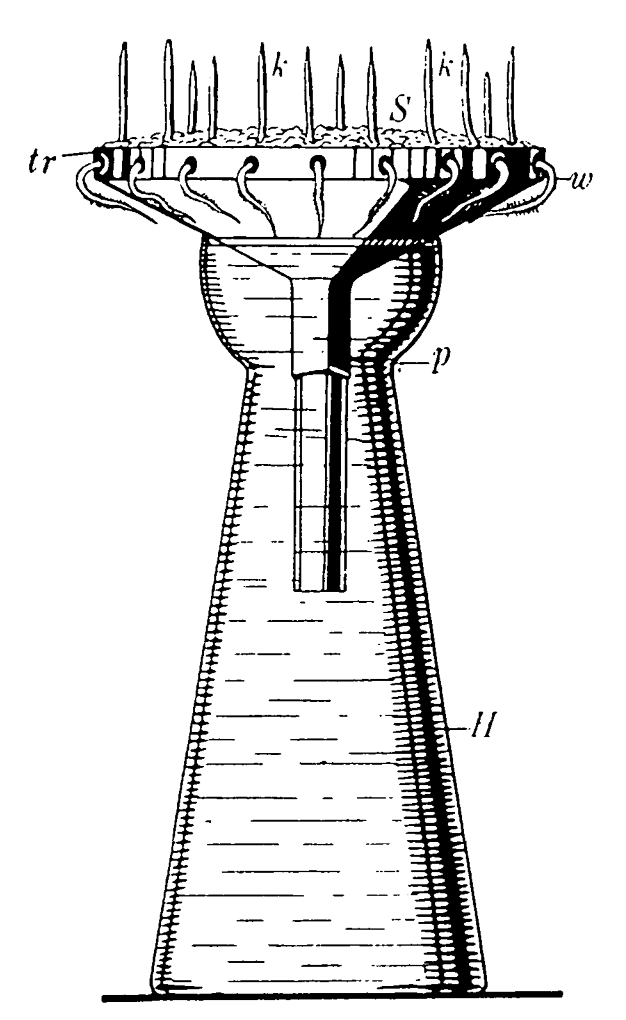


Abb. 38: Hydrotropismus der Wurzeln. Die Wurzeln w krümmen sich zur feuchten Fläche des Trichters hin. Nach MOLISCH.

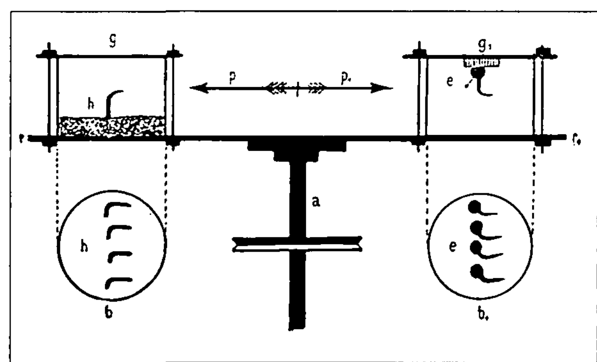


Abb. 39: KNIGHT's Versuch, um die Einwirkung der Fliehkraft auf die Pflanze zu zeigen. Schematisch, nach MOLISCH (1930).
rr1 Drehscheibe, die um die vertikale Achse a rasch rotiert. gg1 Glasgefäße, g mit Keimlingen von *Helianthus* h in nassen Sägespänen, g1 mit Erbsenkeimlingen e auf Kork befestigt. Infolge der Fliehkraft wenden sich die Stengel zum Mittelpunkt der Drehscheibe, die Wurzeln wachsen davon weg. bb1 die Glasgefäße mit den Keimlingen in der Draufsicht. Die Pfeile pp1 zeigen die Richtung der Fliehkraft an. Das Ganze stark verkleinert.

WIESNER muß sich ebenfalls mit diesem Thema intensiv beschäftigt haben, weil er bereits 1881 sein Buch „Das Bewegungsvermögen der Pflanzen" herausbrachte, in dem er meinte, DARWIN in einigen Punkten widerlegen zu können. Der alte Herr hat ihm daraufhin am 25.10.1881 einen Brief geschrieben, der in der DARWIN-Biographie abgedruckt ist (CARUS 1893: 358):

"Ch. D. an Julius WIESNER. Down, 25. October, 1881.

Mein werther Herr, - Ich habe nun Ihr Buch beendet und habe das Ganze mit Ausnahme von sehr wenig Stellen verstanden. An erster Stelle lassen Sie mich Ihnen herzlich für die Art und Weise danken, mit welcher Sie mich überall behandelt haben. Sie haben gezeigt, wie ein Mensch von einem andern in der allerentschiedensten Weise abweichen und doch seine Verschiedenheit mit der vollkommensten Höflichkeit ausdrücken kann. Nicht wenig englische und deutsche Naturforscher können sich an Ihrem Beispiele eine Lehre nehmen; denn die grobe Sprache, welche häufig wissenschaftliche Männer gegen einander gebrauchen, thut nicht gut und erniedrigt nur die Wissenschaft.

Mich hat Ihr Buch auf's Tiefste interessiert, und manche von Ihren Experimenten sind so wunderschön, daß ich factisch Vergnügen empfand als ich lebendig zergliedert wurde. Es würde zu viel Raum beanspruchen, alle wichtigen Punkte in Ihrem Buche zu erörtern. Ich fürchte, Sie haben die Erklärung, welche ich von den Wirkungen des Abschneidens der Spitzen horizontal ausgebreiteter Wurzeln und der seitlich der Feuchtigkeit ausgesetzten, gegeben habe, vollständig über den Haufen geworfen; ich kann mich aber nicht überreden, daß die horizontale Stellung der seitlichen Zweige und Wurzeln einfach eine Folge ihres verminderten Wachsthumsvermögens seien. Auch kann ich, wenn ich an meine Versuche mit den Cotyledonen von *Phalaris* denke, meinen Glauben an die Überlieferung eines Reizes in Folge des Lichtes vom obern nach dem untern Theile nicht aufgeben. Auf p. 60 haben Sie meine Meinung falsch verstanden, wenn Sie sagen, daß ich glaube, die Wirkungen in Folge von Licht werden einem Theile überliefert, welcher nicht selbst heliotrop sei. Ich habe niemals in Betracht gezogen ob der kurze Theil unter dem Boden heliotrop sei oder nicht; ich glaube aber, daß bei jungen Sämlingen der Theil, welcher sich nahe am, aber oberhalb des Bodens krümmt, heliotrop ist, und glaube das, weil sich dieser Theil nur mäßig biegt, wenn das Licht schräg ist und sich rechtwinklig biegt, wenn es horizontal ist. Trotzdem wird die Biegung dieses untern Theils, wie ich aus meinen Versuchen mit opaken Kappen schließe, durch die Wirkung des Lichts auf den obern Theil beeinflußt. Meine Meinung indessen über den erwähnten und viele anderen Punkte bedeutet sehr wenig, denn ich zweifle nicht daran, daß Ihr Buch die meisten Botaniker überzeugen wird, daß ich in den Punkten, über welche wir verschiedener Ansicht sind, Unrecht habe.

Unabhängig von der Frage der Übermittlung, ist mein Kopf so voll von Thatsachen, welche mich zu dem Glauben leiten, daß Licht, Schwerkraft u. s. w. nicht in einer directen Weise auf das Wachsthum einwirken, sondern als Reize, daß ich ganz außer Stande bin, mein Urtheil über diesen Punkt zu modificieren. Ich konnte den Satz auf p. 78 nicht verstehen bis ich meinen Sohn George zu Rathe zog, welcher Mathematiker ist. Er vermuthet, daß Ihr Einwand sich darauf gründet, daß das diffuse Licht von der Lampe beide Seiten des Gegenstandes beleuchtet und mit zunehmender Entfernung nicht in demselben Verhältnis reduciert wird wie das directe Licht; er bezweifelt aber, ob diese nothwendige Correctur den sehr geringen Unterschied in der heliotropen Krümmung der Pflanzen in den aufeinanderfolgenden Töpfen erklären kann.

Was die Empfindlichkeit der Spitzen der Wurzeln gegen Berührung betrifft, so kann ich Ihre Ansicht nicht eher annehmen, als bis es bewiesen ist, daß ich im Irrthum darüber bin, daß mit flüssigem Gummi angeheftete Cartonstückchen Bewegung verursachen, während keine Bewegung veranlaßt wurde, wenn der Carton von der Spitze durch eine Lage des flüssigen Gummis getrennt blieb. Auch die Thatsache, daß dickere und dünnere Cartonstückchen mit Schellack auf die entgegengesetzten Seiten der Wurzeln geheftet, Bewegung nach einer Richtung hin verursachen, muß erklärt werden. Sie sprechen oft davon, daß die Spitze beschädigt gewesen sei; äußerlich war aber kein Zeichen von Beschädigung zu sehen: und wenn die Spitze deutlich beschädigt war, wurde der äußerste Theil nach der beschädigten Seite zu gekrümmt. Ich kann nicht mehr daran glauben, daß die Spitze von den Car-

tonstückchen beschädigt wurde, wenigstens wenn sie mit Gummiwasser angeheftet wurden, als daß die Drüsen der *Drosera* durch ein Stückchen Faden oder Haar, was auf sie gelegt wurde, beschädigt wurden, oder die menschliche Zunge, wenn sie irgend einen derartigen Gegenstand fühlt.

Betreffs des bedeutungsvollsten Gegenstandes in meinem Buche, nämlich der Circumnutation, kann ich nur sagen, daß ich mich ganz und gar bestürzt fühle über die Verschiedenheit unserer Folgerungen; ich konnte aber einige Stellen nicht völlig verstehen, welche mein Sohn Francis im Stande sein wird mir zu übersetzen, wenn er nach Hause zurückkehrt. Der größere Theil Ihres Buches ist wunderbar klar.

Endlich wünschte ich, daß ich genug Kraft und Muth hätte, eine neue Reihe von Experimenten zu unternehmen und die Resultate zu publicieren, mit einer vollständigen Widerrufung meiner Irrthümer, wenn ich mich von ihnen überzeugt habe; ich bin aber für ein solches Unternehmen zu alt, auch glaube ich nicht, daß ich im Stande sein werde, noch viel, oder überhaupt noch weitere originale Arbeiten auszuführen. Ich bilde mir ein, eine mögliche Fehlerquelle in Ihrem schönen Experiment von einer rotierenden und einem seitlichen Lichte ausgesetzten Pflanze zu erkennen.

Mit großer Hochachtung und mit aufrichtigen Danke für die freundliche Art, mit welcher Sie mich und meine Fehler behandelt haben, verbleibe ich, Mein werther Herr, Aufrichtig der Ihrige."

DARWIN nahm also an, daß die hydrotropische Empfindlichkeit in der Wurzelspitze lokalisiert sei. Und MOLISCH (1883) konnte dies bestätigen.

Am Pflanzenphysiologischen Institut in Wien haben damals u.a. Friedrich Johann Franz CZAPEK (* 16.5.1868 in Karolinental, Prag, +31.7.1921, Leipzig), und CIESLAR, BURGERSTEIN u.a. Versuche an Wurzeln angestellt. Und auch HABERLANDT hat sich offensichtlich von diesen vielfältigen Aktivitäten inspirieren lassen.

Gottlieb **HABERLANDT** (Abb. 40) wurde am 28.11.1854 in Ungarisch-Altenburg (= Mosonmagyaróvár, Ungarn) als Sohn von Friedrich HABERLANDT, der später Professor an der Hochschule für Bodenkultur war, geboren. In Görz besuchte er das Gymnasium und begann 1873 an der Universität Wien zu studieren. Julius WIESNER (1838-1916) stand dem neugegründeten Pflanzenphysiologischen Institut vor und widmete sich als Vertreter einer „technischen Mikroskopie" vorrangig den „Rohstoffen des Pflanzenreiches". Seine systematischen mikrochemischen Untersuchungen förderten die angewandte Botanik wie die technische Waren- und Rohstoffkunde nachhaltig. HABERLANDT schrieb unter Anleitung WIESNERs eine Dissertation (1876) über die Winterfärbung ausdauernder Blätter. Mit einem Stipendium des Unterrichtsministeriums ging er 1877 zu SCHWENDENER nach Tübingen, dessen Werk „das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen" (1874) ihn sehr beeindruckt hatte. Die Frage nach den Funktionen der beobachteten Strukturen hat ihn gefangen genommen. Er habilitierte sich 1879 mit seiner „Entwicklungsgeschichte des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen" an der Universität in Wien. In Wien wurde die selbstgewählte Forschungsrichtung des jungen Privatdozenten skeptisch betrachtet, was HABERLANDT bewog, in einem kleinen Privatlabor zu arbeiten. Im Jahre 1880 erhielt er einen Ruf nach Graz, wo er zunächst suppl. Professor der Technischen Hochschule, dann 1884 a. o. Prof. und 1888 o. Professor an der Universität wurde. Dort veröffentlichte er seine „Physiologische Pflanzenanatomie" (1884), die Bau und Anordnung der pflanzlichen Gewebe aus ihrer physiologischen Funktion erklärt. In Graz entwickelte er auch seine Statolithen-Theorie des pflanzlichen Geotropismus, nach der einzelne Zellen, die mit beweglichen Stärkekörnern ausgestattet sind, als Statocyten fungieren. HABERLANDT hat fast nie Gelegenheitsbeobachtungen gemacht, da ihm die Hypothese immer das Primäre, das Vorausleuchtende war. Ihm schwebte deshalb vor, auch Pflanzen müßten wie Tiere zweckmäßig gebaute Sinnesorgane haben.

GUTTENBERG war während dieser Arbeitsperiode HABERLANDTs Assistent in Graz. Weil HABERLANDT in Momenten großer Produktivität seinem engeren Arbeitskreis gegenüber sehr mitteilsam war, hatte er die beste Gelegenheit, sich mit seinen Gedankengängen und seiner Arbeitsweise vertraut zu machen. HABERLANDT dachte sich in die Pflanzen hinein, er war beispielsweise ge-


Abb. 40: Gottlieb HABERLANDT (1854-1945).

genüber Klinostat versuchen anfangs etwas skeptisch. Diesbezüglich bemerkte er einmal halb im Ernst, halb im Scherz: „Lassen Sie sich selbst stundenlang an einer horizontalen Achse rotieren, - dabei wird etwas ganz anderes herauskommen, als bloß eine Kompensation von Reizimpulsen" (GUTTENBERG 1955: 4). Immer bewegte ihn der Gedanke: wo eine Wahrnehmung erfolgt, muß eine histologische Einrichtung vorhanden sein, die diese ermöglicht. Im Falle der Schwerkraft müsse eine innere Verlagerung von Körperchen stattfinden, sie müssen also nur an den Stellen gesucht werden, die vorzüglich der Perzeption dienen - und er hat sie gefunden! (Allerdings stehen sie in keinem direkten Zusammenhang mit der geotropischen Reizperzeption, wie sich später herausstellte).

G. HABERLANDT nahm großen Einfluß auf das botanische Geschehen in Graz. So konnte er z. B. das Professorenkollegium von seiner Ansicht überzeugen, daß ein Ordinarius ausreiche, nämlich er, das Gesamtgebiet der Botanik zu vertreten. Die durch den Tod ETTINGSHAUSENS freigewordene Lehrkanzel wurde deshalb nur mit einem Extraordinarius besetzt. Aus dem Dreiervorschlag kam 1900 Karl FRITSCH zum Zug, der als einziger noch nicht bei HABERLANDT gearbeitet hatte. Am 24.2.1905 wurde FRITSCH zum o. Professor für Botanik ernannt, aber erst nachdem HABERLANDT 1910 dem Ruf nach Berlin folgte, konnte sich die Fakultät entschließen, FRITSCH das Ordinariat für Systematische Botanik zu übergeben. Weil HABERLANDT nach eigener Aussage seine systematischen Kenntnisse nicht besonders hoch einschätzte, hat er diese Tätigkeiten an seinem Institut Eduard **PALLA** überlassen (geb. 3.9.1864 in Kremsier/Mähren, heute: Kroměříž, ČR., gest. 7.4.1922 in Graz), der von 1883 bis 1887 in Wien studierte und dabei Studienkollege von FRITSCH war. 1888 wurde er Assistent bei HABERLANDT, habilitierte sich 1891, 1909 wurde er ad personam zum a. o. Professor der Botanik ernannt und ihm schließlich 1914 Titel und Charakter eines Ordinarius verliehen. Ein Schwerpunkt der Arbeiten von PALLA lag auf der Lehrtätigkeit, systematische Studien trieb er an den *Cyperaceae*, als deren Spezialist er galt (TEPPNER 1997: 138). Im Jahre 1889 erschien von ihm eine anatomische Studie über die Luftwurzeln der Orchideen.

FRITSCH hat die zu seiner Zeit für die Systematik sehr hoch geschätzte Anatomie von seinen Dissertanten anwenden lassen. Dabei sind regelmäßig auch Wurzelquerschnitte berücksichtigt worden. 1910 folgte also HABERLANDT einem Ruf an die Universität in Berlin.

HABERLANDT fand hochbetagt ein tragisches Ende. Um sich den Bombenangriffen auf Berlin zu entziehen, hatte er mit seiner Frau bei Freunden in Schlesien auf dem Lande Zuflucht gesucht. Knapp vor Ende des Kriegs floh er von da, fast 90 Jahre alt, mit den rückströmenden Menschenmassen nach Berlin zurück, wo er, völlig erschöpft angekommen, in der Klinik der Charité Aufnahme fand. Mit Lungenentzündung und Herzmuskelschwäche wurde er nach Berlin-Buch verlegt, wo er am nächsten Tag, dem 30.1.1945 verstarb.

Unabhängig von HABERLANDT hat praktisch zeitgleich auch NĚMEC in Prag die Statolithentheorie entwickelt.

Bohumil Řehoř NĚMEC (Abb. 41) kam am 12.3.1873 in Prasek E Nový Bydov als Sohn von Bauersleuten zur Welt. Das Gymnasium absolvierte er in Nový Bydov. Naturwissenschaften studierte er anschließend an der

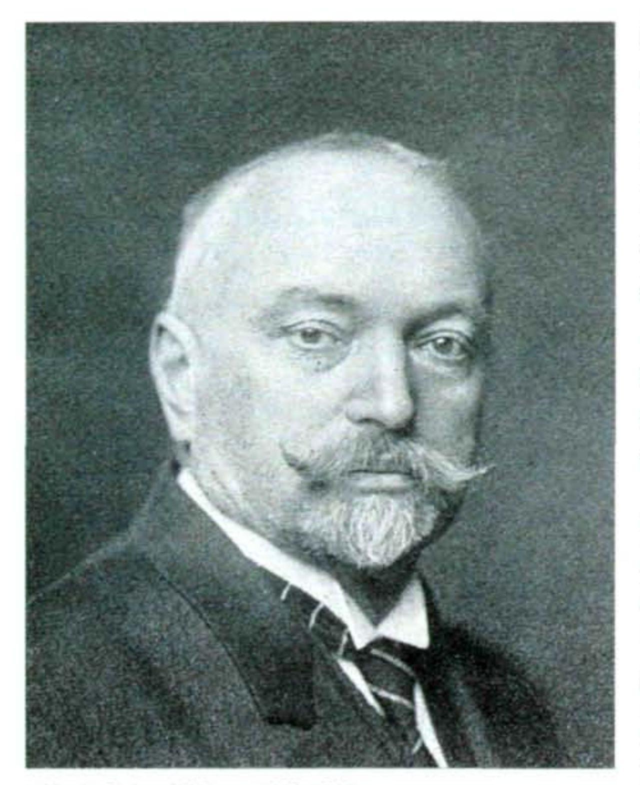


Abb. 41: Bohumil NĚMEC (1873-1966).

philosophischen Fakultät der Karlsuniversität in Prag und in Jena. In Prag habilitierte er sich 1899 für Pflanzenanatomie und -physiologie. Nach 4 Jahren wurde er außerordentlicher und 1907 ordentlicher Professor für diese Fächer. Vorlesungen hielt er bis zum Ausbruch des II. Weltkrieges. Nach dem Krieg hielt er im Alter von 72 Jahren noch einige Semester hindurch an der Komensky-Universität in Bratislava Vorlesungen. Am 7.4.1966 ist er in Prag verstorben.

Der Streit um die Richtigkeit dieser Theorie entbrannte bald auf das Heftigste. HABERLANDT wurde nicht müde, in geistreichen Experimenten Argumente zugunsten der von ihm und NĚMEC fast gleichzeitig formulierten Vorstellungen zu erbringen.

In den letzten Jahren hat sich KUTSCHERA (1971a, b, 1972, 1976, 1983, 1992, 1997) wieder eingehend mit der Erklärung des geotropen Wachstums der Wurzeln beschäftigt. Sie kommt zum Schluß, daß die Schwerkraft mit Hilfe der Wasserdampfbewegung das Richtungswachstum der Pflanzen lenkt; was DODART (1703) und DUHAMEL (1758) schon erkannten. „Der größere Wasserverlust an der Oberseite, gekennzeichnet durch die größere Verdunstungskälte, führt zur Schrumpfung der Zellen und zur Aufwärtsstellung der Wurzel als erste Reaktion auf die Wirkung der Schwerkraft. Ihr folgt als zweite Reaktion die stärkere Wasseraufnahme von außen an der Oberseite, sobald das Wasserangebot entsprechend zugenommen hat. Diese Vorgänge wiederholen sich laufend und zwingen die Wurzel bei entsprechenden Schwankungen des Wärme- und Wasserangebotes zum Abwärtswachsen". (KUTSCHERA et al. 1997: 16).

Auch die moderne Genetik interessiert sich für den Problemkreis des Wurzelwachstums. Die Suche nach dem Gen, das die Polarität der Pflanze bestimmt (HAUSER 1997), und nach dem Auslöser der Zellteilungen, die die Richtung der Wurzelspitze vorgeben (KULL 1997) wird die Wurzelforschung bereichern. Das Thema bleibt also weiterhin aktuell und spannend.

8. Land- und Forstwirtschaft, Ökologie, Soziologie: Leben wollen sie alle

Das Wissen um das natürliche Wachstum der Wurzeln im Boden ist für die Landwirtschaft von großer Bedeutung. Der Boden ist aber nicht so durchsichtig wie Luft, womit wir beim ersten, bereits großen Problem angelangt sind: Wie kommt man zu möglichst ungestörten Bildern der Wurzeln in situ? Wolfgang BÖHM (* 19.7.1936 in Brünlos im Erzgebirge) ist der Entwicklung der Feldmethoden zum Studium der Pflanzenwurzeln seit der Mitte des 19. Jahrhunderts gründlich nachgegangen (BÖHM 1984), mit Spannung verfolgen wir seine Ausführungen:

Bereits 1758 hat der französische Botaniker Henri Louis DUHAMEL du MONCEAU an Waldbäumen beispielhafte Wurzelausgrabungen vorgenommen. Sie hatten aber lange Zeit keine Nachahmer gefunden.

"Als nach 1840 die Lehre von der Mineralstoffernährung der Pflanzen immer mehr Anerkennung fand und in der Agrikulturchemie zunehmend in Düngungsfragen in den Mittelpunkt der Forschung rückten, begann ein lebhaftes Studium an den Pflanzenwurzeln. Besonders Justus von LIEBIG hat in seinen Schriften wiederholt auf die Bedeutung der Wurzeln für das Pflanzenwachstum hingewiesen. Sein Ausspruch "Die Bekanntschaft mit der Bewurzelung der Gewächse ist die Grundlage des Feldbaus" wurde in den folgenden Jahrzehnten zahlreichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen als Leitmotiv vorangestellt.

Das Verdienst, die seit Ende des 17. Jahrhunderts bekannte Wasserkultur für das Studium der Pflanzenwurzeln in ihrem Wert erkannt zu haben, gebührt dem Botaniker Julius SACHS (1832-1897). Während seiner Tätigkeit als Assistent für Pflanzenphysiologie am Agrikulturchemischen Laboratorium in Tharandt (1859-1860) benutzte SACHS diese Methode für grundlegende Wurzelstudien im Zusammenhang mit Untersuchungen über die Mineralstoffaufnahme der Pflanzen. Die Wasserkultur, die eine ständige in situ Beobachtung der Pflanzenwurzeln ermöglicht, entwickelte sich in den folgenden Jahrzehnten zur exaktesten Forschungs- und Demonstrationsmethode für das Studium der Pflanzenernährung.

Schon bald erkannte man aber, daß sich die in Wasserkultur bildenden "Wasserwurzeln" deutlich von den in Bodensubstrat wachsenden "Landwurzeln" unterschieden. Vor allem durch das geringe Tiefenwachstum der Wurzelsysteme in Wasserkultur erschien diese Methode für die Forschungsprobleme des landwirtschaftlichen Feldbaues weniger geeignet. Deshalb gewann nach 1860 auch die Anzucht der Pflanzen in Gefäßen mit natürlichem Bodenmaterial zunehmend an Bedeutung. Auch hier waren Agrikulturchemiker führend an der methodischen Entwicklung beteiligt. Während Hermann HELLRIEGEL (1831-1895) maßgebend die „Sandkulturmethode" verbesserte, hat Paul WAGNER (1843-1930) die „Bodenkulturmethode" zu einer wissenschaftlichen Standardmethode ausgebaut.

Natürlich dienten die Gefäßversuche - damals wie heute - in erster Linie zum Studium des Wachstums der oberirdischen Pflanzenteile. Die Versuchsansteller, die gleichzeitig die Wurzeln untersuchten, trennten entweder Wurzeln und Bodensubstrat mit einem Wasserstrahl, den sie direkt in das Gefäß lenkten oder sie legten das Vegetationsgefäß in einen Eimer mit Wasser bis der Boden soweit mit Wasser gesättigt war, daß die Wurzeln dann leicht herausgespült werden konnten. Anschließend wurde die Trockenmasse der Wurzeln bestimmt, teilweise auch deren Länge gemessen. Bei diesen zunächst noch sehr robusten Auswaschungstechniken ging jedoch ein großer Teil der Feinwurzeln verloren und das vollständige Reinigen der gewonnenen Wurzeln von anhaftenden Bodenteilchen unterblieb in der Regel.

Julius SACHS , der sich auch nach seiner Tätigkeit in Tharandt weiter intensiv mit dem Studium der Pflanzenwurzeln beschäftigte und seit 1868 als Professor in Würzburg wirkte, hatte die geniale Idee, den Vorteil der ständigen in situ Beobachtung der Wurzeln in Wasserkultur auch für die "Bodenkulturmethode" zu nutzen. Er konstruierte keilförmige Kästen aus Zinkblech, deren um etwa 10° geneigte Breitseitenwände aus Glas bestanden

und deren Boden und Schmalseiten zur besseren Belüftung mit kleinen Löchern versehen waren. In die mit Erde gefüllten Kästen legte er Samen nahe an die Glaswand, so daß ein großer Teil der sich bildenden Wurzeln an der geneigten Scheibe ständig sichtbar blieb und zu jeder Zeit beobachtet und gemessen werden konnte. Mit diesen „Sachsschen Wurzelkästen" lag eine in situ Methode vor, die in vielfältigen Abwandlungen zunächst von Botanikern häufig angewandt wurde.

Diese Glaswandkästen, wie auch alle anderen Arten der Gefäßversuche, eignen sich zwar vorzüglich für Wurzeluntersuchungen im ersten Keimlings- und Jugendstadium der Pflanzen, jedoch mit fortschreitender Entwicklung reicht das Raumvolumen für ein ungestörtes Wurzelwachstum selbst bei größeren Gefäßen nur selten aus: es kommt zu Wurzelkonzentrationen an den Gefäßwänden.

Die in Gefäßen erzielten Ergebnisse über das Wurzelwachstum auf Freilandbedingungen zu übertragen ist deshalb nur mit erheblichen Einschränkungen möglich. Diese Erkenntnis setzte sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nur zögernd durch. Die Freude der Forscher über die in Gefäßversuchen ermittelten Wurzeldaten verdeckte den Mangel an wirklichem Wissen über das Wurzelwachstum im Freiland unter den verschiedensten Standortbedingungen. Aber die Fragestellungen der Landbauwissenschaft im Zusammenhang mit der Mineraldüngung und der Bodenbearbeitung gaben entscheidende Impulse, die Pflanzenwurzeln auch direkt an ihrem Wuchsort im Freiland zu untersuchen.

Die auch nach 1850 am weitesten verbreitete Feldmethode war zunächst noch das traditionelle Ausgraben der Wurzeln mit Hacke, Schaufel und Spaten, wobei in der Regel nur die Wurzeln in den oberen Bodenschichten erfaßt wurden. Erste Versuche, die Ausgrabungstechniken zu verbessern und auch Kenntnisse über die Tiefenerstreckung der Wurzeln zu erlangen wurden 1857 von dem mecklenburgischen Domänenpächter A. SCHUBART veröffentlicht. Er legte mannshohe Gräben an, an deren senkrechten Wänden er durch Abkratzen und Abspülen des Bodens die Wurzeln landwirtschaftlicher Kulturpflanzen bis zur maximalen Wurzeltiefe freilegte. Nach 1870 haben dann mit dieser Methodik vor allem deutsche Landbauwissenschaftler alle wichtigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen auf unterschiedlichen Böden untersucht und bei einigen Arten Wurzeltiefen bis zu 2 Metern festgestellt. Dabei wurde in vielen Fällen oft nur wenige Zentimeter Boden an den Profilwänden entfernt und das sichtbare Wurzelgeflecht anschließend gezeichnet.

Bei dieser Art der Ausgrabungen liegen als Endergebnis stets zweidimensionale Wurzelbilder entweder als Zeichnungen, Photographien oder Herbariumexemplare vor. 1892 versuchte F. H. KING in den USA erstmals Pflanzenwurzeln in der Weise aus einem Boden zu gewinnen, daß das natürlich gewachsene Raumbild der Wurzeln erhalten blieb. Auf landwirtschaftlichen Versuchsfeldern präparierte er freistehende Bodenmonolithe von etwa 60 x 30 cm, in denen eine oder mehrere Pflanzen in der Mitte stehen blieben. Rings um diese Monolithe vertiefte er die Gräben bis zur vermuteten maximalen Wurzeltiefe. Die Seitenwände der Monolithe umspannte er mit Maschendraht. Dann durchstieß er den Monolith mit einer Vielzahl angespitzter Metallstifte in der Weise, daß diese durch den Maschendraht in ihrer Position fixiert waren. Mit einem Wasserschlauch wurde schließlich von oben beginnend der Boden weggewaschen und das sichtbar werdende Wurzelsystem, das die Metallstäbe annähernd in der natürlich gewachsenen Position festhielten, konnte fotografiert werden. Diese Methode, in den USA um die Jahrhundertwende wiederholt angewandt, modifizierte E. S. GOLF 1897 in der Weise, daß er eine Seite des den Bodenmonolith umschließenden Maschendrahtes durch ein Holzbrett ersetzte, durch das er in engen Abständen Metallstifte in den Boden hineinbohrte. Nach dem Ausgraben des so präparierten Monoliths wurde der Boden durch Auswaschung weggespült. Das auf dem Brett zwischen den Metallstiften verbleibende Wurzelsystem ergab nicht nur ein optisch eindrucksvolles Bild über die Wurzelverteilung in den verschiedenen Bodentiefen, sondern die Wurzeln konnten auch gemessen und gewogen werden. Damit war die Idee der fünfzig Jahre später häufig angewandten Nagelbrettmethode geboren.

Hermann HELLRIEGEL, der Entdecker der Knöllchenbakterien, arbeitete bei seinen intensiven Wurzelstudien auf der landwirtschaftlichen Versuchsstation Bernburg (Sachsen-Anhalt) erstmals im Jahre 1872 mit einem Erdbohrer. Dieses von ihm konstruierte Gerät bestand aus einem hohlen Eisenzylinder von ca. 23 cm lichtem Durchmesser und 25 cm Höhe, dessen unterer Rand geschärft und an dessen oberen Rand ein starker Eisenstab mit einem Handgriff befestigt war. Dieses Bohrgerät trieb er in den Boden hinein, entfernte danach sorgfältig die Erde rings um den Zylinder und brach dann den fest im Zylinder sitzenden Bohrkern durch Umlegen des Gerätes ab. Die an der Bruchfläche herausragenden Wurzelfasern zählte er. An der gleichen Stelle trieb er den Erdbohrer wieder in den Boden ein und wiederholte den Vorgang so oft, bis keine Wurzeln mehr an den Bruchflächen sichtbar waren. Mit dieser Bruchflächenmethode ermittelte HELLRIEGEL nicht nur die maximalen Wurzeltiefen der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, sondern gleichzeitig auch deren Durchwurzelungsintensität in den verschiedenen Bodenschichten. Damit konnte er überzeugend nachweisen, daß es für viele praktische, aber auch wissenschaftliche Fragestellungen nicht notwendig ist, mit sehr zeit- und arbeitsaufwendigen Ausgrabungstechniken das gesamte Wurzelsystem der Pflanzen freizulegen. Häufig sind Angaben über die relative Wurzelverteilung in einem Bodenprofil ausreichend.

Hugo THIEL (1839-1918), einer der bedeutendsten Förderer der deutschen Landwirtschaft im Zweiten Deutschen Kaiserreich, schlug 1892 eine ähnliche Methode zur Bestimmung der Wurzeln im Freiland vor. THIEL hatte an senkrechten Profilwänden mit einem "starken Anstreicherpinsel" eine nur wenige Millimeter starke Bodenschicht entfernt und die an der Wand herausragenden, angeschnittenen Wurzeln schichtenweise gezählt. Auf diese Weise erhielt er ebenfalls einen guten Überblick über die horizontale und vertikale Durchwurzelung in einem Bodenprofil. THIEL wollte mit seiner Methode lediglich die deutschen Landwirte zu verstärkten Beobachtungen des Wurzelwachstums anregen. Gleichzeitig hatte er damit – ebenso wie HELLRIEGEL – Wege der Wurzeluntersuchungen aufgezeigt, die erst bei den ökologischen Fragestellungen in den letzten Jahrzehnten in ihrer Bedeutung erkannt wurden. HELLRIEGELS Bruchflächenmethode und THIELS Profilwandmethode gehören heute zu den Standardmethoden in der ökologischen Wurzelforschung.

In den ersten fünfzig Jahren des 20. Jahrhunderts blieb zunächst das Ausgraben vollständiger Wurzelsysteme die am häufigsten angewandte Feldmethode. Maßgebend beteiligt an der weiteren Verbesserung der Ausgrabungstechniken waren amerikanische Botaniker, allen voran John Ernest WEAVER (1884-1966), der von 1915 bis 1952 als Professor für Pflanzenökologie an der Universität von Nebraska in Lincoln wirkte. Ihm gebührt das Verdienst, die Ausgrabungstechniken so verbessert zu haben, daß die freigelegten Wurzelsysteme bis zu den feinsten Seitenwurzeln an Ort und Stelle beschrieben, gemessen und gezeichnet werden konnten. Sein 1926 erschienenes Buch "Development of Field Crops" wurde für Jahrzehnte das international anerkannte Standardwerk der Wurzelökologie und hat manchen Wissenschaftler zu eigenen Studien angeregt. Die weltweite Anwendung der Ausgrabungsmethode bei Waldbäumen besonders nach 1930 macht zwar deutlich, daß die Methode ihre Vorzüglichkeit auch bei den Forstwirtschaftlern unter Beweis stellen konnte, im Grunde blieb sie jedoch wegen ihrer vordergründigen Erfassung der Wurzelmorphologie die bevorzugte Methode der Botaniker. Wegen des hohen Zeit- und Arbeitsaufwandes ist ihre Anwendungshäufigkeit in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen, jedoch allein die beiden Wurzelatlanten von Lore KUTSCHERA beweisen, daß ein ganz wesentlicher Teil unseres heutigen Wissens über die Pflanzenwurzeln nur mit dieser Ausgrabungsmethode gewonnen worden ist.

Die Landbauwissenschaftler, die weniger an der Wurzelmorphologie, sondern mehr an der Beeinflussung des Wurzelwachstums durch natürliche Standortfaktoren und anthropogene Düngungs- und Bearbeitungsmaßnahmen des Bodens interessiert waren, bevorzugten Methoden, mit denen die Wurzelmasse in den verschiedenen Bodenschichten quantitativ bestimmt werden

konnte. Nach 1900 wurde daher zunehmend die schichtweise Entnahme von Bodenmonolithen mit Spaten, Schaufel und anderen Werkzeugen und die anschließende Trennung von Boden und Wurzeln durch Auswaschen über Siebe durchgeführt. In der Regel wurde dann die Trockenmasse der Wurzeln bestimmt, sodaß auf diese Weise eine umfassende Kenntnis der Substanzproduktion der Pflanzenarten gewonnen werden konnte. Besondere Bedeutung gewann diese Methodik in den 40er und 50er Jahren in Deutschland, als der Anteil der Wurzelmasse für die Humusbildung der Ackerböden intensiv untersucht wurde. Auch die von den Niederländern J. J. SCHUURMANN UND M. A. GOEDEWAAGEN nach dem 2. Weltkrieg weiterentwickelte Nagelbrettmethode, bei der ein Brett mit Stahlnägeln in das Bodenprofil hineingepreßt, der Monolith herauspräpariert und das Wurzelsystem nach dem Auswaschen zwischen den Nägeln verbleibt, wurde in den folgenden Jahrzehnten in vielen Ländern zur Bestimmung der Wurzelmasse herangezogen. In den letzen zehn Jahren werden für die Entnahme von Bodenproben, in denen nach einem Waschprozeß die Wurzeln gewogen oder gemessen werden sollen, zunehmend Bohrgeräte eingesetzt. Die Methode ist heute in allen botanisch-ökologischen Disziplinen weit verbreitet.

Im Jahr 1950 wurde erstmals radioaktiver Phosphor (P^{32}) für Wurzeluntersuchungen im Freiland eingesetzt. W. L. LOTT und seine Mitarbeiter in Raleigh auf der North Carolina Agricultural Experiment Station (USA) brachten das Isotop in den Boden in verschiedenen Tiefen und ihn verschiedener Entfernung rings um Weinstöcke ein und versuchten dann durch Messung der Radioaktivität in den oberirdischen Pflanzenteilen die physiologische Aktivität der Wurzeln in den verschiedenen Bodenschichten zu ermitteln. Diese auf den ersten Blick elegante Methode, auf indirektem Wege Kenntnisse über die Verteilung der Wurzeln im Boden und gleichzeitig über ihre Fähigkeit zur Nährstoffaufnahme zu gewinnen, löste eine breite Welle ähnlicher Untersuchungen aus. Es wurden andere Isotope getestet und die Methode auch in der Weise abgewandelt, daß radioaktive Lösungen in die oberirdischen Pflanzenteile injiziert und nach einer bestimmten Zeit in entnommenen Boden-Wurzel-Proben die Radioaktivität gemessen werden konnte. Der anfänglichen Begeisterung folgte Anfang der 70er Jahre jedoch eine deutliche Ernüchterung. Während für physiologische Wurzelstudien im Labor diese Methode heute nicht mehr wegzudenken ist, erschien ihr Einsatz im Freiland bald als zu kostspielig und durch das neue Umweltdenken wurde sie mit hohen Sicherheitsauflagen belegt. Außerdem waren die Wurzeldaten aus den Isotopenexperimenten oft nur schwer miteinander vergleichbar.

Seit etwa 1965 erfolgt deshalb wieder eine deutliche Hinwendung zu den traditionellen Feldmethoden der direkten Beobachtung und Messung der Wurzeln. So wird das 1883 von Hermann HELLRIEGEL vorgeschlagene Verfahren, die Wurzeln an den Bruchflächen von runden Bodenmonolithen zu quantifizieren und auf diese Weise die Wurzelverteilung in Bodenprofilen zu ermitteln, in den letzten Jahren immer häufiger angewandt. Das gleiche gilt für die 1892 von Hugo THIEL vorgeschlagene Profilwandmethode, angeschnittene Wurzeln an einer geglätteten Profilwand zu zählen. Während seit den 30er Jahren diese Methode fast ausschließlich bei Wurzeluntersuchungen an Obst- und Waldbäumen gebräuchlich war, gewinnt ihr Einsatz jetzt auch bei annuellen Pflanzenarten mit hohem Feinwurzelanteil an Bedeutung, zumal seit 1976 auch die Abschätzung der Wurzellänge eines Pflanzenbestandes direkt an der Profilwand möglich ist.

Einen ungeahnten Aufschwung in den vergangenen zwanzig Jahren erlebte die Glaswandmethode. Nachdem Julius SACHS 1874 vorgeschlagen hatte, die Pflanzen in Bodensubstraten so zu plazieren, daß ihre Wurzeln an Glasscheiben heranwachsen und sie auf diese Weise sichtbar und meßbar werden, wurde diese in situ Methode im Freiland zunächst kaum benutzt. Immerhin gab es Anfang des 20. Jahrhunderts in einigen Ländern kleine unterirdische Wurzelkeller, deren Seitenwände aus Glas bestanden und hinter denen in Zementbehältern mit aufgefülltem Bodensubstrat die Versuchspflanzen herangezogen wurden. Die ersten beiden, ca. 30 Meter langen unterirdischen Anlagen, bei denen das Wurzelwachstum im ungestörten Bodenprofil hinter Glas-

scheiben studiert werden konnte, wurden 1961 und 1966 auf der Obstbau-Forschungsstation East Malling in England errichtet. Diese Prototypen dienten als Vorbild für ähnliche als Wurzellaboratorien oder Rhizotrome bezeichneten Anlagen, die seitdem in mehreren Ländern gebaut wurden. Die darin bisher ausgeführten Forschungsarbeiten erbrachten eine wesentliche Kenntniserweiterung über die Wurzelphänologie, besonders über den stetigen Auf- und Abbau der Wurzeln während der Vegetationszeit.

Seit 1974 zeichnen sich mit der Glaswandmethode neue methodische Möglichkeiten ab. Anstatt solche kostenintensiven Wurzellaboratorien zu errichten, ziehen es viele Versuchsansteller vor, Glasrohre in den Boden einzubringen und mit einem beleuchteten Spiegel die an die äußere Rohrwand heranwachsenden Wurzeln zu studieren. Inzwischen wurde diese Methode an vielen Instituten weiterentwickelt, sodaß es heute auch möglich ist, die an den äußeren Wänden der Glasrohre sichtbaren Wurzeln mit einer ferngesteuerten Kamera zu fotografieren und auf einem Bildschirm sichtbar zu machen.

Wenn einmal die Geschichte der Wurzelforschung geschrieben werden sollte, wird man wahrscheinlich das siebente Jahrzehnt unseres Jahrhunderts als einen Zeitabschnitt stürmischen Aufbruchs einstufen. In den botanisch-ökologischen Disziplinen ist es bei vielen wissenschaftlichen Fragestellungen zunehmend deutlicher geworden, viel zu wenig über die Pflanzenwurzeln zu wissen. Seit 1968 fanden zahlreiche nationale und internationale Wurzeltagungen statt und das Bedürfnis nach mehr Kenntnissen über die Wurzeln beweisen auch vier seit 1971 erschienene Bücher, in denen erstmals die vorhandenen Methoden für Wurzeluntersuchungen im Freiland systematisch zusammengefaßt worden sind.

Der Anteil der Landbauwissenschaften an der methodischen Weiterentwicklung der Wurzeluntersuchungsmethoden, der im 19. Jahrhundert bereits sehr ausgeprägt war, hat in den letzten Jahrzehnten noch zugenommen. Im 20. Jahrhundert wurden jedoch im wesentlichen nur die Techniken verbessert und neue Anwendungsmöglichkeiten gefunden. Das Grundprinzip fast aller heute angewendeten Feldmethoden zum Studium der Pflanzenwurzeln war bereits um 1900 bekannt."

Wenn nun der Zugang zu den Wurzeln im Boden geschafft ist, dann drängen sich weitere Fragen geradezu auf: Welchen Einfluß hat der Boden, seine Struktur, sein Mineralsalz- und Wassergehalt usw. auf die Wurzeln? Welche Wechselbeziehungen gibt es zu den anderen Bodenlebewesen? Wie beeinflussen sich die Wurzeln gegenseitig? Welche Bedeutung kommt den Symbionten zu? U.s.w.

Die Land- und Forstwirtschaft hat naturgemäß hauptsächlich an kultivierten, nutzbaren Arten Interesse. Über sie liegen erwartungsgemäß viele Veröffentlichungen vor. Nur eine verhältnismäßig geringe Zahl von Arten ist also gut untersucht worden. Dieses vertiefte Wissen kann als wertvolle Basis für das Studium an den zahllosen Arten, die vom Menschen nur extensiv, indirekt oder gar nicht verwendet werden, dienen.

Ein Pionier der Wurzelforschung, der miterlebte, wie die endlosen Weiten der amerikanischen Prärie in Acker- und Weideland für Nutztiere verwandelt wurden, war John Ernest WEAVER. Ihm und seinen Schülern verdanken wir viele aufschlußreiche Studien

In seinem autobiographischen Buch "Prairie Plants and their Environment. A Fifty-year Study in the Midwest" (WEAVER 1968) läßt er sein Leben und seine wissenschaftliche Tätigkeit Revue passieren.

John Ernest WEAVER wurde am 5.5.1884 in Villisca, Iowa, in den U.S.A. geboren. Nach anfänglicher Tätigkeit an den Universitäten in Washington und Minnesota wirkte er von 1915 bis 1952 ununterbrochen als Professor für Pflanzenökologie an der Universität von Nebraska in Lincoln. Dort ist er dann auch am 8.6.1966 verstorben.

Der Staat Nebraska, im Mittelwesten der U.S.A. gelegen, war zu Ausgang des amerikanischen Bürgerkrieges (1865) noch mit unendlich weiter Prärie bedeckt, entwickelte sich dann aber rasch zur Korn- oder richtiger Fleischkammer der Nation. Große Flächen wurden in kurzer Zeit umgebrochen und ackerbaulich genutzt. Neben diesen Umbruchsflächen blieben weite Gebiete der

Prärie, meist auf ungünstigeren Böden, zunächst ungenutzt, wurden dann aber im Zuge zunehmender Besiedlung wegen ihrer üppigen Graswüchsigkeit mehr und mehr als Weide herangezogen. Weniger offenkundig und deshalb weniger beachtet als auf dem Ackerland, vollzogen sich auch in der nicht umgebrochenen Prärie unter dem Einfluß wenig geregelter Nutzung grundlegende Veränderungen, die ihrerseits weitreichende Folgen - meist ungünstiger Art - auf Wasserhaushalt, Witterung und die Ertragsfähigkeit dieser riesigen Gebiete hatten.

Es ist das Verdienst WEAVERS und seiner Kollegen, daß sie die Ursachen und Auswirkungen dieser Veränderungen frühzeitig erkannten und mit wissenschaftlichen Methoden untersuchten. So wurde die Forschungsarbeit zur Erkenntnis der "Degeneration der Prärie" und ihrer "Regeneration" zum eigentlichen Lebenswerk WEAVERS.

Abb. 42: Wurzelzeichnung von J. E. WEAVER: *Agropyrum* und *Boteloua gracilis* im August des zweiten Lebensjahres.

Die Wurzelstudien (Abb. 42), die ihn überall bekannt machten, waren nie Selbstzweck, sondern im Rahmen seiner größeren Fragestellungen durchgeführt worden.

Seine Wurzelarbeiten erstreckten sich auf drei Gebiete, nämlich auf Pflanzenmorphologie und -physiologie, bei letzterer führte er vor allem Untersuchungen über Keimung, Wachstum und Zersetzung der Wurzeln durch, dann zweitens auf Pflanzenökologie, das eigentliche Fachgebiet WEAVERS, und schließlich auf Bewirtschaftungseinflüsse. Bei über 1000 Ausgrabungen schuf er sich eine Übersicht über die Bewurzelungsverhältnisse aller wichtigen Präriepflanzen unter verschiedenen Standortsbedingungen (Abb. 42).

An der Hochschule für Bodenkultur Wien hat man sich natürlich ebenfalls, allerdings in bescheidenerem Ausmaß, für Wurzeln interessiert. Einer Erwähnung bedarf in diesem Zusammenhang das Büchlein von Franz HARTMANN (1951) "Der Waldboden". Darin geht er u.a. auf die Wurzeltypen der Waldbäume als Standortszeiger ein.

Franz **HARTMANN** (Abb. 43) wurde am 9.9.1891 in einem Forsthaus in Wrschowitz, Bezirk Troppau, in Österreichisch-Schlesien (heute Vršovice SE von Opava) ge-

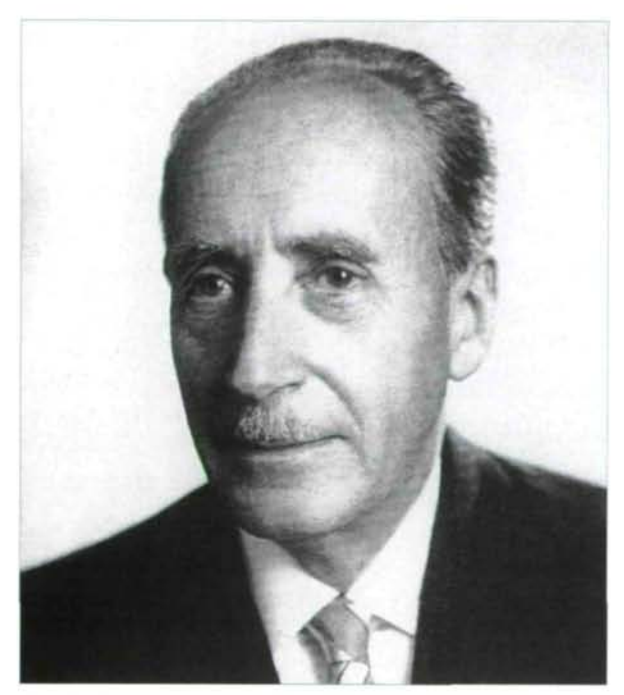


Abb. 43 Franz HARTMANN (1891–1968)

boren. Von Kindesalter an war er somit eng mit dem Wald verbunden. Er maturierte an der Staatsrealschule in Troppau und inskribierte an der Hochschule für Bodenkultur in Wien Forstwirtschaft. Im Jahre 1914 beendete er sein forstliches Studium. Nach 16-monatiger Felddienstleistung im I. Weltkrieg und anschließender Tätigkeit beim Holzbeschaffungskommando der österreichischen Armee trat er im Dezember 1918 in den Forstverwaltungsdienst des souveränen Malteser-Ritterordens bei Fürstenfeld ein und blieb in dieser Stellung, zuletzt als leitender Forstbeamter, bis 1940. Im Jahre 1920 erwarb HARTMANN auf Grund seiner Dissertation "Der Wald, ein Arbeitsprodukt helischer und tellurischer Kräfte" den Doktorgrad der Hochschule für Bodenkultur in Wien. Die Lehrbefugnis bekam er 1934 an der gleichen Hochschule. Das Bundesministerium für Unterricht betraute ihn 1938 mit der Supplierung der "Lehrkanzel für forstliche Bodenkunde". Die Lehrtätigkeit übte er seit diesem Jahre, mit Unterbrechung in den Jahren 1946-1952, bis 1962 aus. Er starb am 1.11.1968 in Linz.

Würdig an die große Tradition österreichischer Wurzelforschung schließt das Lebenswerk von Lore **KUTSCHERA** an.



Abb. 44: Lore KUTSCHERA (* 1917).

Am 14.9.1917 wurde Eleonore BELANI (Abb. 44) als Tochter von DI Eduard BELANI und Eleonore, geb. BITTERLICH, in Villach geboren. Ihr Vater hat als Hochbauingenieur der Bundesbahnen durch viele Bauten das Stadtbild von Villach mitgeprägt. Lore, wie sie genannt wurde, besuchte die Volksschule von 1923-1927 und anschließend das Gymnasium in Villach, wo sie 1935 maturierte. Noch im gleichen Jahr begann sie in Wien an der Hochschule für Bodenkultur Landwirtschaft zu studieren. Im Sommer 1939 beendete sie ihr Studium als Diplomingenieurin. Ab 1.10.1939 arbeitete sie als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für angewandte Pflanzensoziologie in Villach (Leitung: E. AICHINGER). Ihre erste Aufgabe war die Durchführung von Versuchen zur Almverbesserung auf pflanzensoziologischer Grundlage. Sie führte dabei erstmals die Düngung nach dem Klima ein.

Das frühe Erleben der beiden Villacher Hausberge, der Villacher Alm und der Gerlitzen, waren die Grundlage für diesen neuen Gedanken. Es ermöglichte ihr auch in den späteren Jahren die erfolgreiche Beratung von landwirtschaftlichen Betrieben. Zwei Veröffentlichungen "Erfolgreiche Landwirtschaft durch Pflanzensoziologie" und "Ackergesellschaften Kärntens als Grundlage standortgemäßer Acker- und Grünlandwirtschaft" halfen vielen Landwirten, den richtigen Weg, vor allem in der Nährstoffversorgung der Pflanzen und in der Unkrautbekämpfung, ohne Schaden für die Umwelt, zu finden.

Am 9.5.1942 vermählte sie sich mit DI Friedrich Wilhelm KUTSCHERA, der mit Ende April 1945 als vermißt erklärt wurde und nicht mehr von der Front zurückkam.

Nach einer Unterbrechung von Mai 1944 bis August 1945, während der sie als landwirtschaftliche Lehrerin tätig war, wurde sie wieder an das Institut in Villach gerufen und mit dessen Leitung betraut. Von November 1945 bis November 1948 war sie im Schuldienst des Amtes der Kärntner Landesregierung tätig. Im Frühjahr 1950 erhielt sie im Rahmen des Planungsamtes der Kärntner Landesregierung die Möglichkeit, das Gebiet

des Keutschacher Moor-Seentales monographisch zu bearbeiten und zu kartieren sowie für diesen Raum eine Wirtschaftsplanung zu erstellen. Nach einem Jahr legte sie den ersten Teil der Kartierung und der Wirtschaftsplanung vor. Am 31.12.1953 schied sie aus dem Amt der Kärntner Landesregierung aus. Im Jahre 1954 begann sie mit den wissenschaftlichen Arbeiten am Pflanzensoziologischen Institut in Klagenfurt, das von ihr zunächst als Beratungsinstitut für die Landwirtschaft 1953 gegründet worden war. Auf ihre Kartierungsarbeiten aufbauend schrieb sie nun den 1960 erschienenen "Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen". 1961 wurde ihr der Theodor-KÖRNER-Preis zuerkannt. Vom 15.3.1961 bis 31.12.1982 war sie Leiterin des für ihre Arbeiten neugegründeten Referates, später der Abteilung für Botanik und Pflanzensoziologie an der Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft in Gumpenstein, Irdning, im steirischen Ennstal. Hier bot sich für sie erstmals die Möglichkeit, auch das Innere der Pflanzen, besonders der Wurzeln, zu untersuchen. Dabei gelang es ihr, das Rätsel des Geotropismus der Wurzel zu lösen. Damit war es nun auch möglich geworden, die verschiedene räumliche Ausbildung der Einzelpflanze und der Pflanzendecke in den einzelnen Klimabereichen der Erde und auf den verschiedenen Böden zu verstehen.

Im Jahre 1962 wurde ihr der Akademische Grad Doktor der Hochschule für Bodenkultur in Wien verliehen. 1969 habilitierte sie sich am Botanischen Institut dieser Hochschule mit der Arbeit "Ackergesellschaften Kärntens als Grundlage standortsgemäßer Acker- und Grünlandwirtschaft" und am 21.8.1978 wurde sie zum tit. a. o. Professor ernannt.

In den Jahren 1982 und 1992 erschienen 3 weitere Bände der Wurzelatlas-Reihe, die die Grünlandpflanzen behandeln. Und 1997 wurde der 5. Band fertiggestellt, der "über Bewurzelung von Pflanzen in den verschiedenen Lebensräumen" handelt.



Abb. 45: Lore KUTSCHERA demonstriert den Teilnehmern 1995 auf der Exkursion in der Schütt anläßlich des Österreichischen Botanikertreffens ausgegrabene Wurzeln. Erwin LICHTENEGGER sitzt links im Hintergrund. Foto: EHRENDORFER.

Neben ihrer Lehrtätigkeit an der Universität begeisterte sie auf vielen Exkursionen in- und ausländische Studenten und Fachleute (Abb. 45) für die Pflanzensoziologie unter Beachtung der ganzen Pflanze, also auch von deren unterirdischen Teilen. Damit sicherte sie für die Zukunft eine zunehmende Vertiefung der Lebensraumforschung für alle Gebiete der Landschaftspflege und Landschaftsnutzung. Hervorzuheben ist ihr früher Einsatz für den Umweltschutz. Im Rahmen von Veröffentlichungen und Gutachten stellte sie die Wirkung luftgetragener Schadstoffe fest. Sie erarbeitete auch besondere Merkmale für einzelne Schadstoffe und Schadstoffgruppen wie SO_2 und SO_3 Chlorkohlenwasserstoffe und Autoabgase als Gemisch.

1982 veranstaltete sie als Abschluß ihrer Tätigkeit an der Bundesanstalt Gumpenstein die Gründungstagung der ersten internationalen Gesellschaft für Wurzelforschung, deren Vizepräsident sie ist. Als Gründungsort gilt Klagenfurt, wohin die anschließende Exkursion führte. Schon an dieser Tagung nahmen Wurzelforscher aus allen Kontinenten teil.

Im August 1991 erhielt sie die Ehrenurkunde der Landeshauptstadt Klagenfurt für besondere Verdienste auf wissenschaftlichem Gebiet. Im September 1991 veranstaltete sie, zusammen mit den Kollegen des Botanischen Institutes der Universität für Bodenkultur, die dritte Tagung der Gesellschaft in Wien. Die zweite Tagung hatte 1988 an der Universität in Uppsala stattgefunden. Bei der Tagung in Wien waren erstmals Wissenschaftler aus Ost und West in nahezu gleicher Anzahl vertreten. Die Zahl der Teilnehmer hatte sich verdreifacht.

Die Zusammenarbeit zwischen Ost und West fand ihre Fortsetzung in der vierten Tagung der Gesellschaft in Alma-Ata, Kasachstan, 1994, und in der fünften Tagung, die 1996 in Süd Carolina in den U.S.A. stattfand.

Für die Zukunft plant KUTSCHERA zusammen mit ihren Mitarbeitern neben weiteren Untersuchungen in Europa die Fortsetzung von Untersuchungen in extremen Klimaräumen der Erde. Größere Arbeiten aus der Gobi und aus der Nebelwüste Namibias neben kleineren aus Australien und Südamerika liegen bereits vor.

KUTSCHERA bot vielen begeisterten jungen Menschen die Möglichkeit zur Mitarbeit. Seit 1952 begleitet sie bei ihrer Arbeit Erwin LICHTENEGGER. Mit ihm gemeinsam veröffentlichte sie die Wurzelatlas-Bände. Die lebensnahen Darstellungen der Pflanzen von LICHTENEGGER veranschaulichen in eindrucksvoller Weise, daß wir diese in ihrer ganzen Gestalt kennenlernen müssen, wenn wir aus ihnen die richtige Pflege und Nutzung unseres Lebensraumes erlernen wollen.

Bei den anatomischen Untersuchungen unterstützte sie ihre langjährige Mitarbeiterin und Nachfolgerin an der Bundesanstalt Gumpenstein, Monika SOBOTIK.

Ihre beiden ständigen Mitarbeiter, Erwin LICHTENEGGER und Monika SOBOTIK, sollen ebenfalls vorgestellt werden.

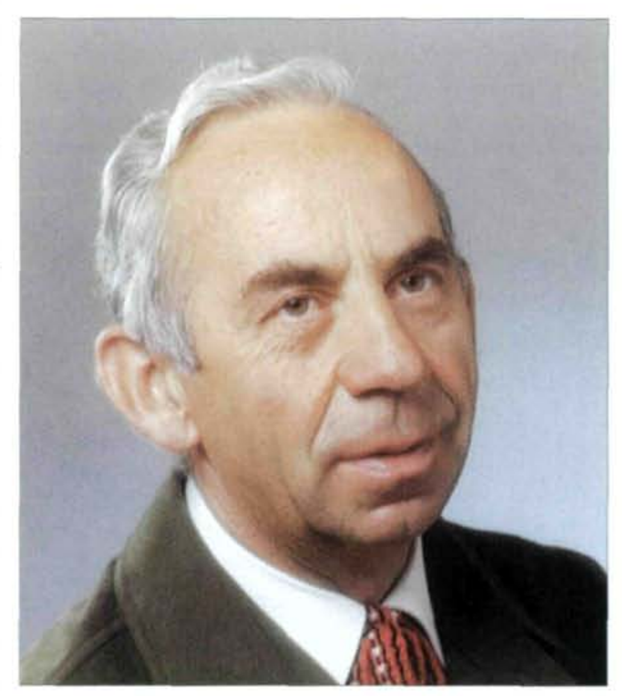


Abb. 46: Erwin LICHTENEGGER (* 1928).

Erwin **LICHTENEGGER** (Abb. 46) wurde als 10. Kind einer Bergbauernfamilie am 9.5.1928 in Kamp im Lavanttal in Kärnten geboren. Von 1934 -1942 besuchte er die Volksschule in Kamp und die Hauptschule in Völkermarkt. Im Schuljahr 1943/44 absolvierte er den 1. Jahrgang der Landwirtschaftlichen Fachschule in St. Andrä im Lavanttal. 1944/45 wurde er zur Deutschen



Abb. 47: Monika SOBOTIK (* 1991).

Wehrmacht eingezogen. In den Jahren 1945-1947 übte er sich in landwirtschaftlicher Praxis. Im Schuljahr 1947/48 besuchte er dann den 2. Jahrgang der Landwirtschaftlichen Fachschule in Thürn im Lavanttal, um dann von 1949 bis 1951 die Höhere Bundeslehranstalt für alpenländische Landwirtschaft in Seefeld zu absolvieren. Von 1951-1953 war LICHTENEGGER Hilfskraft am Pflanzensoziologischen Institut in Klagenfurt bei KUTSCHERA. Er half bei der pflanzensoziologischen Bearbeitung des Keutschacher Seetales in Kärnten und begann mit Wurzelstudien. Von 1953-1957 studierte er an der landwirtschaftlichen Fakultät der Hochschule für Bodenkultur in Wien. Daneben setzte er die Wurzelstudien in Klagenfurt fort. Als Assistent am Pflanzensoziologischen Institut in Klagenfurt half er von 1957-1959 mit, den "Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen" fertigzustellen. 1959-1961 war er dann Lehrer an der Landwirtschaftlichen Fachschule in St. Andrä im Lavanttal. Die Jahre 1961-1966 verbrachte er als Mitarbeiter im Referat für Botanik und Pflanzensoziologie in Gumpenstein mit der Bearbeitung der Grünlandvegetation im mittleren Ennstal. Nach Abschluß seiner Dissertation über "Die natürlichen Voraussetzungen und deren Berücksichtigung für eine erfolgreiche Weidewirtschaft im Kärntner Becken" promovierte er 1963 an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. 1966 trat er in den Agrardienst des Amtes der Kärntner Landesregierung. Seine Freizeit gehörte der Vorbereitung weiterer Wurzelatlasbände. Im Jahre 1970 erfolgte seine Bestellung zum Landesalminspektor von Kärnten. Bereits 1973 habilitierte er sich an der Universität für Bodenkultur in Wien, 1974 begann in Wien die Unterrichtstätigkeit, 1989 an der Universität in Klagenfurt. 1990 wurde ihm der Berufstitel a. o. Professor verliehen. Die Pensionierung erfolgte 1993. Jetzt konnte er sich ganz der Wurzelforschung und Lehre widmen. Auf Forschungsreisen nach Afrika, Argentinien, Australien, China, Kasachstan, Kleinasien, Mongolei, Rußland, Skandinavien usw. konnte er viele Wurzelzeichnungen anfertigen.

Monika **SOBOTIK** (Abb. 47) wurde am 20.5.1941 als Tochter von Felix und Sophie SOBOTIK in Salzburg geboren. Kurz darauf kam sie in den Wohnort der Eltern nach Goisern, wo sie von 1947-1955 auch die Volks- und Hauptschule besuchte. Schon als Schulmädchen lernte sie Helmut KINZEL vom Pflanzenphysiologischen Institut in Wien kennen, der als Sommergast regelmäßig nach Goisern kam, mit ihr Pflanzen bestimmte und mikroskopierte. In den Jahren 1956 bis 1958 besuchte sie die Gartenbauschule in Innsbruck. Im 3. Lehrjahr arbeitete sie im Gartenbaubetrieb J. GILLICH in Bad Ischl, 1959 schloß sie mit der Gärtnergehilfenprüfung die Lehre ab. Als Gärtnergesellin arbeitete sie von 1960-1961 in der Stadtgärtnerei Linz. Von 1961 bis 1964 besuchte sie in der Ingenieurschule für Gartenbau die Fachrichtung Gemüse- und Zierpflanzenbau in Weihenstephan (BRD). Nach Abschluß dieser Ausbildung arbeitete sie in einem biologisch-dynamisch geführten Gemüsebaubetrieb in Hepsisau bei Weilheim/Teck auf der Schwäbischen Alb. 1966 nützte sie die Gelegenheit, in einem biologisch-dynamischen Gemüsebaubetrieb in Spring Valley bei New York zu arbeiten. Auf einer Reise durch die Vereinigten Staaten von New York über Arizona, Utah, Kalifornien, Oregon und Washington hatte sie Gelegenheit, einen Eindruck von der dortigen Vegetation zu bekommen.

Als sie aus Amerika zurückgekehrt war, besuchte sie KINZEL am Institut in Wien. Er lud sie ein, am Abend einen Vortrag über Elektronenmikroskopie zu besuchen. Bei dieser Veranstaltung hat sie ihre Handschuhe liegen lassen. Am nächsten Tag wollte sie sie holen, sie waren aber bereits weg. Zufällig traf sie nochmals mit KINZEL zusammen, der ihr sagte, daß gerade KUTSCHERA bei ihm gewesen wäre. Sie suchte Mitarbeiter, vielleicht wolle sie sich bei ihr in Irdning melden. Pflanzen wollte sie ja immer schon kennenlernen, auch Vegetationskunde würde sie interessieren, für kürzere Zeit könnte sie sich ja zur Verfügung stellen. Aus geplanten zwei Monaten wurde eine Lebensstellung. KUTSCHERA hat sie fasziniert und für die Wurzelforschung begeistert. Seit 1967 arbeitet sie nun also an der Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft in dem Arbeitsbereich Botanik und Pflanzensoziologie. Von KUTSCHERA, der Leiterin der Abteilung, wurde sie in die Methodik der Pflanzensoziologie und in die Wurzelanatomie und -morphologie eingeführt. Die Bedeutung einer standortentsprechenden Bewirtschaftungsweise wurde ihr in ökologischen Zusammenhängen lebensnah vor Augen geführt. Die Erleichterung der Standortsbeurteilung, die Früherkennung von Schadeinflüssen und die Wahl von standortentsprechenden Wirtschaftsmaßnahmen waren das Hauptziel der Arbeiten. In all dieser Zeit konnte sie ihre Artenkenntnisse in Tal- und Berglagen der verschiedensten Gebiete Österreichs in vielfacher Weise erweitern. Die anatomischen Untersuchungen der Wurzeln von mehr als 500 Arten des Grünlandes für die Wurzelatlasbände waren ein Schwerpunkt ihrer Beschäftigung.

Von 1976 bis 1983 studierte sie neben ihrem Beruf an der Universität in Salzburg Botanik. Mit der Dissertation "Ökologische, morphologische und anatomische Untersuchungen am Beispiel einiger *Apiaceae*" erwarb sie den Doktorgrad. Im Jahre 1983 wurde ihr die Leitung der Abteilung Botanik und Pflanzensoziologie in Gumpenstein übertragen.

Reisen nach Kasachstan 1989 und 1994, in die Mongolei 1990 und 1994, und nach Namibia 1994 waren für das Studium des Lebens der Pflanzen unter Extrembedingungen von besonderem Wert.

Zusammenfassung

Es wird versucht, einen kurzen, ersten Überblick über die Geschichte der Wurzelforschung zu geben. Um dieses umfangreiche Thema in den Griff zu bekommen, wurde folgende Gruppierung vorgenommen: Wurzelforschung im Rahmen der Drogenkunde (Heilmittel- und Warenkunde), der traditionellen botanischen Forschung (Anatomie, Histologie, Morphologie), der Physiologie und schließlich in land- und forstwirtschaftlichen Bereichen bis hin zur Ökologie.

Nach der Gegenüberstellung des lexikalischen Wissenstandes von 1750 und heute werden beispielhaft die beiden sehr bekannten Wurzeln Alraune und Ginseng vorgestellt. Besondere Aufmerksamkeit wird den überragenden ersten wissenschaftlichen Publikationen über Wurzeln von MALPIGHI und GREW gewidmet. Sie werden im Originaltext und in Übersetzung wiedergegeben.

In den einzelnen Kapiteln wird Leben und Werk von Forschern vorgestellt, die sich mit Wurzeln beschäftigt haben. Dabei wird den Aktivitäten in Österreich besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Alle Botaniker, die biographisch abgehandelt werden, sind nachfolgend alphabetisch zusammengestellt, die benutzten Quellen sind in Klammer angeführt. Möglichst vollständige, über die Wurzelarbeiten hinausreichende Literaturverzeichnisse werden von IRMISCH, KUTSCHERA, LICHTENEGGER, LUHAN, PREISS, SOBOTIK und WEAVER mitgeteilt.

Zu den Biographien:

Für die Erstellung der biographischen Daten wurden BARNARD (1965), STAFLEU & COWAN, 2. Aufl., 7 Bände (1976-1988), 60 Bände WURZBACH (1856-1890), bis jetzt 10 Bände OBERMAYER-MARNACH (1957 ff.) und MÄGDEFRAU (1992), soweit dies möglich war, konsultiert. Viele der hier abgehandelten Wurzelforscher waren aber nicht oder nur sehr unvollständig in den vorerwähnten Werken berücksichtigt worden. Es war also notwendig, Originalbiographien aufzuspüren, Archivstudien zu betreiben und Befragungen durchzuführen.

BERGER (BIEBL 1967: 1 p.; SCHNEIDER 1965; mündliche Mitt. der Witwe Margareta BERGER, der Tochter Eva KNEZEK und Kurt WASNER vom Drogistenmuseum, alle drei Wien)

FISCHER (KARTNIG 1973 und mündl. Mitt.)

GOEBEL (SANDT 1933)

GREW (HANSTEIN 1886; MÄGDEFRAU 1992: 94 ff.; ZIRKLE 1965)

GUTTENBERG (GEISSLER 1990: 173 ff.; KAUSSMANN 1955/56; LIBBERT & LEIKE 1970; PANKOW 1969; mündl. Mitt. Brigitte STEYER, Rostock)

HABERLANDT (GUTTENBERG 1955 a, b; HÄRTL 1996; HÖXTERMANN 1996; TEPPNER 1997: 131; WEBER 1947)

HARTMANN (KRAPFENBAUER 1968 a, b; SCHREIBER1961)

IRMISCH (EICHLER 1879; ENGEL 1940; KIESER 1880;
MÜLLEROTT 1974, 1980; WUNSCHMANN 1881)

KUTSCHERA(LICHTENEGGER in lit.; pers. Mitt.)

LEITGEB (TEPPNER 1997: 126 ff.)

LICHTENEGGER (pers. Mitt.)

LUHAN (URL pers. Mitt.; Archivstudien)

MALPIGHI (HANSTEIN 1886; MÖBIUS 1901; MÄGDEFRAU 1992: 91 ff.)

MEDICUS (HESS 1885: 230; KEIPER 1906; MEDICUS 1793;
MEDICUS & MEDICUS 1886; MÜLLER 1929; SCHRÖDER-LEMBKE 1990: 598)

MOELLER (GANZINGER 1975; REBER 188.; WASICKY 1916;
WIMMER 1916)

MOLISCH (ERNET 1997: 119; HÖFLER 1939; RICHTER 1939)

NĚMEC (PILÁT 1968; VINIKLÁŘ 1931)

PALLA(TEPPNER 1997: 138)

PORSCH (ANONYMUS 1935; JANCHEN 1933: 179;
Gustav WENDELBERGER mündl. Mitt.; Archivstudien)

PREISS (KIRCHENBERGER 1913: 161; KLÁSTERSKY et al. 1982: 184; MAIWALD 1904: 101; REITZENBECK 1857: 19; RIEDL 1983: 257; WEITENWEBER 1852; WURZBACH 1872: 253; Archivstudien in Prag)

SACHS(MÄGDEFRAU 1992: 259-264)

SCHROFF (GANZINGER 1975: 507)

SOBOTIK (pers. Mitt.)

TROLL (NICKEL 1996)

TSCHIRCH (GANZINGER 1975: 509)

VOGL (H. & M. 1904; HANAUSEK 1904; MOELLER 1909 a, b; WIESNER 1878)

WASICKY (FUCHS 1953; SOOS 1970; GANZINGER 1975: 510)

WEAVER (EWAN 1969: 68, 125; KMOCH 1957; WEAVER 1968)

WIESNER (BURGERSTEIN 1917; KLÁSTERSKY 1982: 233;
LINSBAUER & LINSBAUER 1903; SKOFITZ 1870)

Literatur zu den Biographien

Anonymus (1935): Otto PORSCH zum 12. September 1935. – Biologia generalis.

BARNHARD J. H. (1965): Biographical notes upon botanists. 3. Vols. – Boston: G. K.Hall & Co.

BIEBL R. (1967): Geleitwort. – In: F. BERGER, Handbuch der Drogenkunde, Bd. VIII, Gesamtregister: 1 p.

BÖHM W. (1984): Die Entwicklung der Feldmethoden zum Studium der Pflanzenwurzeln seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. – Sudhoffs Archiv **68/2**: 217-224.

BRAUNE F.A. v. (1830): Correspondenz. – Flora **13/1**: 290-297.

BURGERSTEIN A. (1917): Julius Ritter v. WIESNER. – Verh. K.-K. Zool.-Bot. Ges. Wien **67**: 6-12.

CARUS J. V. (1893): Charles DARWIN. Sein Leben, dargestellt in einem autobiographischen Capitel und in einer ausgewählten Reihe seiner veröffentlichten Briefe. Herausgegeben von seinem Sohn Francis Darwin. – Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 386 pp.

EICHLER A. W. (1879): Thilo IRMISCH. – Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg **21**: 82-83.

ENGEL K. (1940): Thilo IRMISCH. – Mitt. Thür. Bot. Ver. NF **46**: 13-24 (mit Bild).

ERNET D. (1997): Zur Geschichte der Botanik am Joanneum in Graz im 19. Jahrhundert. –Faszination versunkener Pflanzenwelten. Constantin von Ettingshausen – ein Forscherportrait. – Joanneum, Graz: 103-122.

EWAN J. (ed.) (1969): A short history of botany in the USA. – New York & London: Hafner Publ. Co.

FEURSTEIN H.-V.: Die entscheidenden Phasen der Entwicklung des heutigen Landeskrankenhauses im 19./20. Jahrhundert. – In: BRETTENTHALER J., Stadtteil der Zukunft. – Salzburg: Druckhaus Nonntal.

FUCHS L. (1953): [WASICKY] – Sci. Pharm. **21**: 226-236.

GANZINGER K. (1940): Neuzeitliche Pharmakognosie. – Der Biologe **9**: 184-188.

GANZINGER K. (1975): Aus der Geschichte der Pharmakognosie an der Universität Wien. – Deutsche Apotheker-Zeitung **115**/15: 506-510.

GANZINGER K. (1975): MOELLER Josef, Pharmakognost. – In: E. OBERMAYER-MARNACH, Österr. Biogr. Lexikon 1815-1950 Bd. **6**: 338-339.

GEISSLER I. (1990): Botanischer Garten der Wilhelm-Piek-Universität Rostock. – Mitt. Bot. Garten Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg **124**: 173-176 (Botanische Gärten Mitteleuropas, eds. Ebel, F. Kümmel & Ch. Beierlein, 2. Aufl.).

GIESECKE F. (1957): Geschichtliches über den Gefäßversuch als Exaktmethode der Landbauforschung. – Z.Agrargesch. Agrarsozial. **5**: 193-197.

GUTTENBERG H. v. (1955): Gottlieb HABERLANDT 1854-1945. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **68a**: 167-169.

GUTTENBERG H. v. (1955): Gottlieb HABERLANDT. – Phyton (Horn) **6**: 1-14.

H & M (1904): Hofrat Prof. Dr. A. E. Ritter VOGL v. Fernheim. – Wien: 1-41.

HANAUSEK T. F. (1904): August v. VOGL und seine Bedeutung für die Nahrungsmittelkunde. – In: Hofrat. Prof. Dr. A. E. Ritter VOGL v. Fernheim: 136-142.

HANSTEIN A. v. (1886): Ueber die Begründung der Pflanzenanatomie durch Nehemia GREW und Marcello MALPIGHI. – Inaug.-Diss. Univ. Bonn, 92 pp.

HÄRTEL O. (1996): Gottlieb HABERLANDT – ein Gedenkblatt. – Mitt. Naturwiss. Vereines Steiermark **126**: 21-26.

HAUSKNOST M. (1980): Die Drogensammlung des Institutes für Pharmakognosie der Universität Wien. – Österr. Apotheker-Zeitung **34**: 680-685.

HEILMANN, K. E. (1973): Kräuterbücher in Bild und Geschichte. 2. Auf. – München-Allach: K. Kölbl, 425 pp.

HESS R. (1885): Lebensbilder hervorragender Forstmänner. Berlin.

HÖFLER K. (1939): Prof. Dr. Hans MOLISCH. – Rivista Biol. **27/1**: 1-14.

HÖXTERMANN E. (1996): Das Wetter wird vermutlich schön ... – Eine Erinnerung an Gottlieb HABERLANDT (1854-1945) im 50. Todesjahr. – Biol. Zentralbl. **115**: 214-240.

JÄGER E. J. (1997): Prof. Dr. Hermann MEUSEL, * 2.11.1909-† 3. 1. 1997. – Flora **192**: 105-108.

JANCHEN E. (1933): Richard WETTSTEIN. Sein Leben und Wirken. – Oesterr. Bot. Z. **82**: 1-195.

KARTNIG Th. (1989): Das Institut für Pharmakognosie der Karl-Franzens-Universität Graz – ein kurzer historischer Überblick. – Festschrift 50 Jahre Institut für Pharmakognosie der Universität Graz 1939-1989: 13-16.

KAUSSMANN B. (1955/56): Professor Dr. Hermann von GUTTENBERG zum 75. Geburtstag. – Wiss. Z. Univ. Rostock, Reihe Math. **5/1**: 3-6.

KEIPER J. (1906): Friedrich Kasimir MEDICUS. – Mannheimer Geschichtsblätter **7**: 27-34.

KIESER W. (1880): Nachruf auf Th. IRMISCH. – Programm F. Gymnasium Sondershausen 1880: 4-13.

KIRCHENBERGER S. (1913): Lebensbilder hervorragender österreichisch-ungarischer Militär- und Marineärzte. – Wien & Leipzig: J. Safař.

KLÁŠTERSKÝ I., HRABĚTOVÁ-UHROVÁ A. & J. DUDA (1982): Dějiny floristického vyzkumu v Čechách, na Moravě na ve Slezsku I. – Severočeskou Přírodou, Suppl. (Přiloha) 1982/1 (2).

KMOCH H. G. (1957): Die Wurzelarbeiten J. E. WEAVERS und seiner Schule. – Z. Acker- Pflanzenbau **104**: 275-288.

KRAPFENBAUER A. (1968): In memoriam o. Prof. Dr. Dipl. Ing. Franz HARTMANN. – Centralbl. Gesammte Forstwesen **85**: 111-112.

KRAPFENBAUER A. (1968): Professor Franz HARTMANN. – Allgem. Forstzeitung **79/2**: 46-47.

KUBELKA W. (1989): Zur Entwicklung der Pharmakognosie 1939-1989. – Festschrift 50 Jahre Institut für Pharmakognosie der Universität Graz 1939-1989: 5-12.

LIBBERT H. & H. LEIKE (1970): Hermann von GUTTENBERG. 13. Januar 1881-8. Juni 1969. – Biol. Rundschau **8/1**: 1-5.

LINSBAUER L. & K. LINSBAUER (1903): Die Schriften WIESNERS. – In: LINSBAUER K., LINSBAUER L. & L.R. v. PORTHEIM (1903): Wiesner und seine Schule. Wien, A. Hölder: 1-128.

MÄGDEFRAU K. (1992): Geschichte der Botanik. Leben und Leistung großer Forscher. 2. Aufl. – Stuttgart, Jena, New York: G. Fischer Verlag.

MAIWALD V. (1904): Geschichte der Botanik in Böhmen. – Wien u. Leipzig: C. FROMME, 297 pp.

MEDICUS F. C. (1793): Geschichte der Botanik unserer Zeiten. – Mannheim: Schwan und Götz. 96 pp.

MEDICUS F. & W. MEDICUS (1886): Friedrich Casimir MEDICUS, Dr. Med. – Pfälzisches Sonntagsblatt Die Heimat **30**: 202-209.

MESSNER R. (1990): Salzburg im Vormärz. Historisch-topographische Darstellung der Stadt Salzburg auf Grund der Katastralvermessung. I. Bd. Wien. – Verb.wiss. Ges. Österr.

MILLER R. H. (1974): Root anatomy and morphology. A guide to the literature. – Hamden, Connecticut: Archon Books, VIII, 271 pp.

MÖBIUS M. (1901): Marcellus MALPIGHI. Die Anatomie der Pflanzen. I. und II. Theil. London 1675 und 1679. – Ostwald´s Klassiker der exakten Wissenschaften **120**: 163 pp. – Leipzig: W. Engelmann.

MOELLER J. (1909): August E. VOGL. – Neue freie Presse 5.8.1909.

MOELLER J. (1909): August E. VOGL †. – Wiener Klinische Wochenschau. 1909/32: 1138-1139.

MÜLLER M. (1929): Friedrich Casimir MEDICUS. – Arch. Gesch. Math. 11, N.F. **II**: 67-80.

MÜLLEROTT M. (1974): Neue Deutsche Biographie **10**: 183. – Th. IRMISCH.

MÜLLEROTT M. (1980): Thilo IRMISCH 1816-1879. Ein bibliographischer Versuch nebst Proben seines wissenschaftliches Briefwechsels. – Hoppea **39**: 51-76.

NICKEL G. (1996): Wilhelm TROLL (1897-1978). Eine Biographie. – Acta Hist. Leop. **25**: 240pp.

OBERMAYER-MARNACH E. (1957 ff.): Österreichisches biografisches Lexikon 1815-1950. –Wien: Österr. Akad. Wiss.

PANKOW H. (1969): Hermann von GUTTENBERG. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **82**: 665-670.

PILÁT A. (1968): Bohumil NĚMEC (1873-1966). – Sydowia **20** (1966): 9-20, 1 Portrait.

REBER B. (188.): Joseph MOELLER. – Gallerie hervorragender Therapeutiker und Pharmakognosten: Portrait u. 4 Seiten.

REITZENBECK H. (1857): Geschichte der botanischen Forschungen in Salzburg. – In: STORCH F. v. P., Skizzen zu einer naturhistorischen Topographie des Herzogtumes Salzburg. Bd. **1**: 1-48.

RICHTER O. (1939): Hans MOLISCH. – Almanach Jahr 1938, Akad. Wiss. Wien: 221-234.

RIEDL H. (1983): PREISS Balthasar, Mediziner und Botaniker. In: OBERMAYER-MARNACH E. (Red.), Österreichisch Biographisches Lexikon 1815-1950. Bd. **8**: 257. – Wien: Österr. Akad. Wiss.

SANDT W. (1933): Karl von GOEBEL †. – Mitt. Bayer. Bot. Ges. **4**: 217-222.

S[CHNEIDER] F. (1965): In memoriam Dr. Franz BERGER. – Österr. Drogistenzeitung **19**: 181.

SCHRÖDER-LEMBKE G. (1990): MEDICUS Friedrich Casimir. – Neue deutsche Biographie **16**: 598-599.

SCHLOSSER F. C. (1844): Geschichte des achtzehnten Jahrhunderts und des neunzehnten bis zum Sturz des französischen Kaiserreiches. 5. Bd. – Heidelberg: I. C. B. Mohr.

SCHREIBER M. (1961): Prof. Dipl. Ing. Dr. Franz HARTMANN zum 70. Geburtstag. – Centralbl. Gesamte Forstwesen **78**: 187-189.

S[KOFITZ A.] (1870): Gallerie österreichischer Botaniker XIV. Julius WIESNER. – Öster. Bot. Z. **20**: 1-7, Portrait.

SOOS E. (1970): In memoriam Prof. Dr. Richard WASICKY. – Sci. Pharm. **38**/4: 217-221.

SPETA F. (1994): Österreichs Beitrag zur Erforschung der Flora der Türkei. – Stapfia **34**: 7-76.

STAFLEU F. & COWAN (1976-1988): Taxonomic literature. 2. Aufl. 7 Bände. – Utrecht: Bohr, Scheltama & Holkema.

STEARN W. T (1966): Early Marburg botany. An introductio to MOENCH's Methodus horti botanici et agri Marburgensis (1794-1802). In: Reprint of MOENCH C., Methodus plantas horti botanici et agri Marburgensis, ... I, – O. Koeltz, Königstein-Taunus; XIX pp.

TEPPNER H. (1997): Zur Geschichte der Systematischen Botanik an der Universität Graz. – Faszination versunkener Pflanzenwelten. Constantin von Ettingshausen, Joanneum, Graz: 123-150.

VINIKLÁŘ L. (red.) (1931): Vyvoj české přírodovedy. Jubilejní Sborník na pamět boletého trvání Přirodovědeckého klubu w Praze 1869-1929. – Praha, 189 pp., 130 tt.

WASICKY R. (1916): Hofrat Professor Dr. Josef MOELLER. Zu seinem Rücktritte vom Lehramte. – Wien: 1 Portrait, 12 Seiten.

WEAVER J. E. (1968): Prairie plants and their environment. A fifty-year study in the Midwest. – Lincolm, Univ. Nebraska Press.

WEBER F. (1947): Gottlieb HABERLANDT. – Almanach Akad. Wiss. Wien für das Jahr 1945 **95**: 372-380.

WEITENWEBER W. R. (1852): Biographische Skizzen böhmischer Naturforscher. 5. Balthasar PREISS. – Lotos **2**: 171-173.

WIESNER J. (1878): Gallerie österreichischer Botaniker XXII. August Emil VOGL. – Oesterr. Bot. Z. **28**: 1-7, Postr.

WIESNER J. (1881): Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. – Wien, A. Hölder.

WIMMER C. (1916): Abschied Hofrat MOELLERS von seinem Institute. – Pharm. Post, Sonderdruck 3 Seiten.

WUNSCHMANN E. (1881): Thilo IRMISCH. – Allg. Deutsche Biographie **14**: 585-590.

WURZBACH C. v. (1872): Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich. **23**. Bd. – Wien.: k.k. Hof- u. Staatsdruckerei.

ZIRKLE C. (1965): Introduction. - The anatomy of plants by Nehemiah Grew. Reprinted from the 1682 edition. – The sources of Science **11**: IX-XVIII.

Literaturverzeichnis

ALBERTSON F. W. & J. E.WEAVER (1942): History of the native vegetation of western Kansas during seven years of continuous drought. – Ecol. Monogr. **12**: 23-51.

ALBERTSON F. W. & J. E. WEAVER (1944): Effects of drought, dust, and intensity of grazing on cover and yield of short-grass pastures. – Ecol. Monogr. **14**: 1-29.

ALBERTSON F. W. & J. E. WEAVER (1945): Injury and death or recovery of trees in prairie climate. – Ecol. Monogr. **15**: 393-433.

ALBERTSON F. W. & J. E. WEAVER (1946): Reduction of ungrazed mixed prairie to short grass as a result of drought and dust. – Ecol. Monogr. **16**: 449-463.

ALTEN H. v. (1909): Wurzelstudien. – Bot. Zeitung **67/1**. Abt.: 175 ff.

ATKINSON D. (red.) (1991): Plant root growth: An ecological perspective. – British Ecol. Soc. Special. Publ. **10**: X u. 478 pp.

ATKINSON D. (1992): How long is the life span of a root ? – Tree **7/6**: 173-174.

BAITULIN J. O., KOKOREVA I. I. & M. SOBOTIK (1990): Peculiarities of development of the root system of some species of genus *Crataegus* L.

BAITULIN J O., BAIASGALAN S., BUJAN-ORSCHICH H., DAWASCHAMZ C., JEWSTIVEEN J. G., LICHTENEGGER E., RATSCHKOVSKAJA E. I., SOBOTIK M. & G. N. JAKUNIN (1993): Phytoecological investigations in Southern Gobi. – Nationale Akad. f. Wiss. d. Republik Kasachstan, Alma-Ata: 63 S., in Russisch.

BAUER T. (1990): Untersuchungen über die Alkaloidführung verschiedener *Aconitum*-Arten, -Unterarten und Varietäten aus steirischem Anbau. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

BENICIC W. (1984): Pharmakognostische Untersuchungen an *Heracleum sphondylium* L., *Heracleum austriacum* L. und *Pastinaca sativa* L. – Diplomarbeit Univ. Wien.

BERG O. (1865): Anatomischer Atlas zur pharmazeutischen Waarenkunde in Illustration auf fünfzig in Kreidemanier lithographischen Tafeln nebst erläuterndem Texte. – Berlin: R. Gaertner.

BERGER F. (1940): Die wichtigsten im europäischen Handel vorkommenden Wurzeln, ihre Erkennung, Verfälschung und Verwendung. – Scientia Pharmaceutica (März 1939 bis Jänner 1940). Als eigenständiges Heft: 85 pp.

BERGER F. (1957): Zur Samenanatomie der Zingiberazeen-Gattungen *Amomum*, *Aframomum* und *Elettaria*. – Diss. Univ. Wien, 86 pp.

BERGER F. (1960): Handbuch der Drogenkunde. Erkennung, Wertbestimmung und Anwendung. Bd. V. Radices. – Wien, Bonn, Bern: W. Maudrich Verlag, X, 626 pp.

BISWELL H. H. & J. E. WEAVER (1933): Effect of frequent clipping on the development of roots and tops of grasses in prairie sod. – Ecology **14**: 368-390.

BÖHM W. (1974): Mini-rhizotrons for root observations and field conditions. – Z. Acker-Pflanzenbau **140**: 282-287.

BÖHM W. (1974): Wurzelforschung und Landschaftsökologie. – Natur und Landschaft **49/6**: 158-161.

BÖHM W. (1976): An estimation of root length at natural soil profiles. – J. Agric. Sci. **87**: 365-368.

BÖHM W. (1978): Die Bestimmung des Wurzelsystems am natürlichen Standort. – Kali-Briefe **14**: 91-101.

BÖHM W. (1978): Untersuchungen zur Wurzelentwicklung bei Winterweizen. – Z. Acker- u. Pfl.-bau **147**: 264-269.

BÖHM W. (1979): Methods of studying root systems. – Springer-Verlag, New York, 188 pp.

BRANDT W. & R. WASICKY (1931): Erkennung und Charakterisierung der im Arzneigebrauch befindlichen pflanzlichen Inland- und Auslanddrogen. – H. Thoms, Handbuch der praktischen und wissenschaftlichen Pharmazie. Bd.V: 981-1702.

BRANSON F. W. & J. E. WEAVER (1953): Quantitative study of degeneration of mixed prairie. – Bot. Gaz. **114**: 397-416.

BROCKHAUS (1994): Enzyklopädie in vierundzwanzig Bänden. – Band **24**, 19. Aufl. Mannheim: F. A. Brockhaus.

BRUNER W. E. & J. E. WEAVER (1924): Size and structure of leaves of cereals in relation to climate. – Univ. (Nebr.) Studies **23**: 1-37.

BRUNSCHWYG H. (1500): Liber de arte distillandi de Simplicibus./ Das buch der rechten kunst zu distilieren die eintzigen ding. – Straßburg: Joh. Grüninger.

BUCHGRABER K. & M. SOBOTIK (1995): Einfluß der Grünlandwirtschaft auf die Artenvielfalt in verschiedenen Pflanzengesellschaften. – Expertentagung Landwirtschaft und Naturschutz – Gemeinsam erhalten für die Zukunft 19.-20.10.1995: 9-23.

BUKEY F. S. & J. E. WEAVER (1939): Effects of frequent clipping on the underground food reserves of certain prairie grasses. – Ecology **20**: 246-252.

BUNTING M. (1898): Structure of the cork tissues in roots of

some rosaceous genera. – Publ. Univ. Pennsylvania New. Ser. 5, Contr. Laboratory 2.

BURGERSTEIN A. (1882): Einige Bemerkungen zur Darwinschen Wurzelkrümmung. – Oesterr. Bot. Z. **32**: 386-387.

BURGERSTEIN A. (1882): Über das Empfindungsvermögen der Wurzelspitze mit Rücksicht auf die Untersuchungen von Ch. DARWIN. – Jahresber. Leopoldstädter Komm.-Real-Ob.-Gymn. Wien **18**.

CASPARY R. (1865-66): Bemerkungen über die Schutzscheide und die Bildung des Stammes und der Wurzel. – Jahrb. Wiss. Bot. **4**: 101-124, tt. VIII-X.

CLEMENS F. E. & J. E. WEAVER (1924): Experimental vegetation. – Carnegie Inst. Wash. Pub. No. **355**, 172 pp.

CLEMENTS F. E., WEAVER J. E. & H. C. HANSON (1929): Plant competition. – Publ. Carnegie Inst. Wash. No. **398**, 340 pp.

CORDA A. J. C. (1828): Genera Hepaticarum. Die Gattungen der Lebermoose. – Beitr. Naturgesch. **12**: 643-655.

CRIST J. W. & J. E. WEAVER (1924): Absorption of nutrients from subsoil in relation to crop yield. – Bot. Gaz. **77**: 121-148.

CUTLER D. F., P. J. RUDALL, P. E. GASSON & M. O. GALE (1987): Root identification manual of trees and shrubs. A guide to the anatomy of roots of trees and shrubs hardy in Britain and Northern Europe. – London: Chapman & Hall, IX, 245 pp.

CZAPEK F. (1895): Die plagiotrope Stellung der Seitenwurzeln. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **13**: 299-302.

CZAPEK F. (1895): Über die Richtungsursachen der Seitenwurzeln und einiger anderer plagiotroper Pflanzentheile. – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber. **104**/Abt. I: 1197-1259.

CZAPEK F. (1895): Über Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus. – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber. **104**/Abt. I: 337-375.

CZAPEK F. (1896): Über die sauren Eigenschaften der Wurzelausscheidungen. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **14**: 29-33.

CZAPEK F. (1896): Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen. – Pringsheim Jahrb. Bot. **29**: 321-390.

DARWIN J. (1880): The power of movement in plants.

DODART D. (1703): Sur l'affectation de la perpendiculaire, remarquable dans toute les tiges, dans pluisieurs racines, et autant qu'il est possible dans toutes les branches des plantes. – Mém. Acad. Roy. Sci., Paris 1700: 47-63.

DUHAMEL DU MONCEAU H. L. (1758): La physique des arbres. – Paris, 2 vol. Deutsch: Natur-Geschichte der Bäume. Nürnberg, 1764/65.

EDER G. & M. SOBOTIK (1985): Prüfung des Güllezusatzmittels Almisan (früher Alpina-Mischdünger). – SD aus Bayrisch-österreichisches Güllekolloquium, 1.-3.10.1985 in Gumpenstein: 239-252.

EDER G. & M. SOBOTIK (1992): The influence of the radication on percolation water and nutrient leaching losses: The slurry lysimeter at its practical application. – In: L. KUTSCHERA et al. (Eds.) Root ecology and its practical application. - Verein für Wurzelforschung, A-9020 Klagenfurt.

ERBINGER M (1992): Versuche zur Isolierung der Primulasäure A aus Radix Primulae. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

ERHARDT H. (1983): Die morphologische, mikroskopische und dünnschichtenchromatographische Unterscheidung verschiedener *Rheum* Handelsdrogen. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

FISCHER R. & Th. KARTNIG (1978): Drogenanalyse. Makroskopische und mikroskopische Drogenuntersuchungen. – 5. Aufl. 12. Radices (Wurzeldrogen), p. 230-318. Springer-Verl. Wien, New York.

FOWLER R. L. & J. E. WEAVER (1940): Occurence of a disease of sideoats grama. – Bull. Torrey Bot. Club. **67**: 503-508.

FOX R. L., WEAVER J. E. & R. C. LIPPS (1953): Influence of certain profile characteristics upon the distribution of the roots of grasses. – Agron. J. **45**: 583-589.

FRAAS C. (1872): Das Wurzelleben der Kulturpflanzen und die Ertragssteigerung. – 2. Aufl. – Berlin.

FRAAS C. (1872): The root live of cultivated crops and increasing the yield.

FREIDENFELT T. (1900): Studier öfver örtartade växters rötter. – Bot. Not. 1900: 209-223.

FREIDENFELT T. (1902): Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen. I. Über die Formbildung der Wurzel vom biologischen Gesichtspunkte. – Flora **91**: 115-208, tt. XVI-XIX.

FREIDENFELT T. (1904): Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zusammenhange mit dem Wassergehalt des Bodens. (Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen II). – Biblioth. Bot. **61**.

FRIESENBICHLER I. (1979): Orientierende Untersuchungen über das Vorkommen von Pigmenten, insbesondere von Anthocyanen, in Gewebekulturen von Radix Anisi. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

FRUWIRTH C. (1895): Über die Ausbildung des Wurzelsystems der Hülsenfrüchte. – Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik **18**: 461-479.

GAULHOFER K. (1907): Über den Geotropismus der Aroiden-

Luftwurzeln. – Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. **116**/I. Abt.: 1669-1689, 1 Tafel.

GOEBEL K. (1928-1933): Organographie der Pflanzen 1-3, 3. Aufl.-Jena.

GOFF E. S. (1897): A study of the roots of certain perennial plants. – Wisconsin Agricultural Experiment Station **14**: 286-298.

GREW N. (1682): The anatomy of plants. London: – W. Rawlins.

GUNZER C. (1979): Über das Vorkommen von Oxalatformen in den Stämmen und Wurzeln von pharmazeutisch bedeutsamen Solanaceen sowie zur mikroskopischen und dünnschichtenchromatographischen Unterscheidung dieser Drogen. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

GUTTENBERG H. v. (1940): Der primäre Bau der Angiospermenwurzel. – Handb. Pflanzenanatomie II. Abt., 3. Teil: **8**/[1], Berlin: Gebr. Borntraeger.

GUTTENBERG H. v. (1941): Der primäre Bau der Gymnospermenwurzel. – Handb. Pflanzenanatomie II. Abt., 3. Teil: **8**/[2]: [4], 369 pp. Berlin: Gebr. Borntraeger.

GUTTENBERG H. v. (1943): Die Aufgaben der Endodermis. – Biol. Zentralbl. **63**: 236-251.

GUTTENBERG H. v. (1947): Studien über die Entwicklung des Wurzelvegetationspunktes der Dikotyldonen. – Planta **35**: 360-396.

GUTTENBERG H. v. (1955): Die Entwicklung des Wurzelvegetationspunktes. – Naturwiss. Rundschau **8**: 385-388.

GUTTENBERG H. v. (1960): Grundzüge der Histogenese höherer Pflanzen. I. Die Angiospermen. – Handbuch Pflanzenanatomie **8/3**: VIII, 315 pp. Berlin: Gebr. Borntraeger.

GUTTENBERG H. v. (1961): Grundzüge der Histogenese höherer Pflanzen. II. Die Gymnospermen. – Handbuch Pflanzenanatomie **8/4**: VIII, 172 pp. Berlin: Gebr. Borntraeger.

GUTTENBERG H. v. (1964): Die Entwicklung der Wurzel. – Phytomorphology **14**: 265-287.

GUTTENBERG H. v. (1965): Histogenese der Pteridophyten. – Handbuch Pflanzenanatomie VII/2: VIII, 312 pp. Berlin: Gebr. Borntraeger.

GUTTENBERG H. v. (1968): Der primäre Bau der Angiospermenwurzel. – Handbuch Pflanzenanatomie **8/5**: VIII, 472 pp. Berlin: Gebr. Borntraeger.

GUTTENBERG H. v. & Ch. JAKUSZEIT (1957): Die Entwicklung des Embryos und der Primärwurzel von *Galtonia candicans* DECNE. Nebst Untersuchungen über die Differenzierung des Wurzelvegetationspunktes von *Alisma plantago* L. – Bot. Studien **7**: 91-126.

GUTTENBERG H. v. & G. SEGLITZ (1938): Der Einfluß von Licht und Dunkelheit auf Wurzelwachstum und Wurzelbildung. – Planta **28**: 156-157.

GUTTENBERG H. v., J. BURMEISTER & H. J. BROSELL (1955): Studien über die Entwicklung des Wurzelvegetationspunktes der Dikotyledonen. – Planta **46**: 179-222.

HABERLANDT G. (1903): Zur Statolithentheorie des Geotropismus. – Jahrb. Wiss. Bot. **38**: 447-500.

HABERLANDT G. (1884): Physiologische Pflanzenanatomie. – Leipzig: W. Engelmann, XII, 398 pp.

HAJEK Th. (1562): Herbarz: ginak Bylinar/ welmi rzitecry/... – Wytisstiens w Starem Miestia Prazskem v Girzijka Melantrycha z Awentynu.

HALBWACHS G., KUTSCHERA L. & E. LICHTENEGGER (1982): Der Raum Arnoldstein – Basis für immissionsökologische Forschungen. – In: Das immissionsökologische Projekt Arnoldstein. Carinthia II **39**, SH: 121-168.

HARTMANN F. (1951): Der Waldboden. Humus-, Boden- und Wurzeltypen als Standortsanzeiger. – Wien: Österr. Produktivitäts-Zentrum.

HEDWIG J. (1782): IV. Was ist eigentlich Wurzel an der Pflanze? Einigermassen erörtert und besonders durch die Herbstzeitlosen (*Colchicum autumnale*) erläutert. – Leipziger Mag. Naturk. Math.

HEGNAUER R. (1962-1996): Chemotaxonomie der Pflanzen. 10 Bände und 2 Zusatzbände. –Basel und Stuttgart: Birkhäuser Verlag.

HELLRIEGEL H. (1883): Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus mit besonderer Berücksichtigung der agrikultur-chemischen Methode der Sandkultur. – Braunschweig.

HEYDEL H. R. & H. v. GUTTENBERG (1957): Vergleichende Studien über die Entwicklung von Primär-, Seiten-und sproßbürtigen Wurzeln bei einigen Liliaceen. – Bot. Studien **7**: 40-90.

HIRSCHBÖCK H. (1984): Vergleichende Untersuchungen an Handelsdrogen von Radix Angelicae. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

HOARE A. L. & S. KNAPP (1997): A phylogenetic conspectus of the tribe *Hyoscyameae (Solanaceae)*. – Bull. Nat. Hist. Mus. London (Bot.) **27**: 11-29.

HOFFMANN H. (1849-1852): Ueber die Wurzeln der Dolden-

gewächse. – Flora **32**: 17-25, 721-728; **33**: 385-389, 401-405, 657-665; **34**: 513-519, 529-535; **35**: 225-233, 241-256.

HÖFLER K., ZIEGLER A. & M. LUHAN (1956): Fluorochromierungsstudien mit Uranin. – Protoplasma **46**: 322-366.

HÖHNEL F. (1878): Über den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. – Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. Math.-Naturwiss. Cl. **76**/Abt. I: 507-622, tt. I-II.

HOLZMANN B. (1983): Untersuchungen über das Vorkommen von Flavonoiden in Radix Hellebori nigri. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

HOOKE R. (1667): Mikrographia or some physological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. – London.

HUMPHREY H. B. & J. E. WEAVER (1915): Natural reforestation in the mountains of northern Idaho. – Pl. World **18**: 31-47.

IRMISCH TH. (1838): Nachträge zu Meyers "Chloris Hanoveriana" aus der Grafschaft Hohnstein. – Linnaea **12**: 38-49.

IRMISCH TH. (1839a): Index Herbarii Universitatis Litterarum Halensis conscriptus a Thilone Irmisch. Theol. st. Thuringo [Handschrift, die nur die Artnamen ohne Bemerkungen aufzählt. Wird beim Herbar der Sektion Biowissenschaften der Universität Halle-Wittenberg aufbewahrt.]

IRMISCH TH. (1839b): Beschreibung einer merkwürdigen Mißbildung von der Blüte von *Hordeum hymalayense trifurcatum* D.C. Sat. plant. H. Monsp. – Linnaea **13**: 124-128, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1842): Bemerkungen über die *Epipactis*-Arten der deutschen Flora [im Anhang Bemerkung über die Orchideenblüte nach Prof. Endlichers Deutung derselben]. – Linnaea **16**: 417-462, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1843): Der Anorganismus, die Pflanze, das Tier. Ein Versuch zu deren Bestimmung. – Sonderhausen 1843: 16 [Bespr. v. H. v. Mohl in Bot. Ztg. **1** (1843): 718-719.]

IRMISCH TH.(1845): Über *Teucrium montanum* L. und einige andere Arten dieser Gattung. – Bot. Ztg. **3**: 809-813.

IRMISCH TH. (1846a): Über das Vorkommen der *Helminthia echioides, Melilotus parviflora* und einiger anderer Pflanzen in Nordthüringen. – Bot. Ztg. **4**: 772-775.

IRMISCH TH. (1846b): Systematisches Verzeichnis der in dem unterherrschaftlichen Teile der schwarzburgischen Fürstentümer wild wachsenden phanerogamischen Pflanzen mit Angabe der wichtigsten Kulturgewächse. Sondershausen 1846: XII, 76. – Beitr. Naturgesch. Nordthüringens **1**.

IRMISCH TH: (1847a): Über die Stolonen von *Epilobium palustre* L. und einigen anderen Arten desselben Genus. – Bot. Ztg. **5**: 5-8.

IRMISCH TH. (1847b): Über die Dauer der *Carlina acaulis*. – Bot. Ztg. **5**: 8-9.

IRMISCH TH. (1847c): Über die Knospenlage der Blumenkronblätter von *Euphrasia lutea* und von mehreren anderen verwandten Pflanzengattungen. [*E. lutea* L. = *Odontites lutea* (L.) Clairv.] – Bot. Ztg. **5**: 81-84.

IRMISCH TH. (1847d): Notiz über *Helianthemum fumana*. [Eine eigene Gattung *Fumana* wird befürwortet, weitere Charakteristica werden erwähnt, es folgen Ergänzungen zur Flora von Sondershausen.] – Bot. Ztg. **5**: 84-85.

IRMISCH TH. (1847e): Beschreibung des Rhizoms von *Sturmia loeselii* [*St. loeselli* RCHB. = *Liparis loeselii* (L.) RICH.] – Bot. Ztg. **5**: 137-140, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1847f): Einige Beobachtungen über deutsche Eichen. – Bot. Ztg. **5**: 577-582.

IRMISCH TH. (1847g): Über einige gamopetale Blüten. [Setzt sich mit der Arbeit von L.C.TREVIRANUS: Über die Gattung *Lindernia* ... Linnaea **16**: 120-126 auseinander, behandelt *Pinguicula, Prunella* und weitere *Labiatae*, schließlich *Antirrhinum* und *Lathraea*.] – Bot. Ztg. **5**: 641-647, 657-666.

IRMISCH TH. (1847h): Über das Vorkommen des Eibenbaumes in nördlichen Thüringen. – Bot. Ztg. **5**: 882-884.

IRMISCH TH.(1847i): Über die Bearbeitung der Paniceen in der Synopsis Florae Germanicae et Helveticae [des Hofrat Koch.] – Bot. Ztg. **5**: 929-934.

IRMISCH TH. (1847k): Nachtrag zu den Bemerkungen über die *Epipactis*-Arten der deutschen Flora. – Linnaea **19**: 113-124.

IRMISCH TH. (1848a): Monströse Anemonenblüten. [Über *Anemone nemorosa* L. und *Hepatica nobilis* SCHREB.] – Bot. Ztg. **6**: 217-218.

IRMISCH TH. (1848b): Über den Blütenbau von *Aesculus hippocastanum* L. [Stellung der Antheren, ferner werden erwähnt *Cardiospermum Halicacabum* L., einige *Polygalacea* und die Gattungen *Tropaeolum* und *Viola*]. – Bot. Ztg. **6**: 713-725.

IRMISCH TH. (1848c): Über die Infloreszenz der fruchttragenden Pflanze von *Humulus lupulus* L. – Bot. Ztg. **6**: 793-799.

IRMISCH TH. (1848d): Botanische Notizen. [Behandelt *Cornus mas* und *C. sanguinea, Genista germanica* L., die Lebensdauer von *Chondrilla juncea* L., *Falcaria rivini* HOST., *Myosotis sylvatica*, ferner Beobachtungen an *Zea mays* L., *Coix lacryma*-Jobi L., *Iris graminea* L.] – Bot. Ztg. **6**: 894-898.

IRMISCH TH. (1849a): Einige Bemerkungen über *Gentiana cruciata, ciliata* und *germanica* [Sproß und Wurzel derselben]. – Bot. Ztg. **7**: 1-11.

IRMISCH TH. (1849b): Über die Anordnung der Blütenstände bei einigen Klee-Arten. [Neben der Gattung *Trifolium* wird auch *Anthyllis vulneraria* behandelt.] – Bot. Ztg. **7**: 513-521.

IRMISCH TH. (1849c): Bemerkungen über die Auswahl des Stoffes für den botanischen Unterricht auf den Gymnasien vom Collaborator IRMISCH. Nebst einem Nachtrag zum systematischen Verzeichnis der phanerogamen Pflanzen von Jahre 1846. – Jber. schwarzb. Gymnasium Sondershausen 1849: 29-51.

IRMISCH TH. (1850a): Zur Morphologie der monokotylischen Knollen- und Zwiebelgewächse. – Berlin 1850. XXII, 286, 10 Taf.

IRMISCH TH. (1850b): Über *Scorzonera hispanica* L. [Wird als perennierend erkannt, handelt ferner von *S. humilis* L. und *Inula*-Arten]. – Bot. Ztg. **8**: 4-7.

IRMISCH TH. (1850c): Über die Dauer einiger Gewächse der deutschen Flora. [Handelt von *Heracleum sphondylium* L. und einigen anderen Umbelliferen, ferner von einigen Cruciferen.] – Bot. Ztg. **8**: 128-129, 143-144.

IRMISCH TH. (1850d): Bemerkungen über *Scrophularia nodosa* L. und *S. aquatica* auct. – Bot. Ztg. **8**: 168-169.

IRMISCH TH. (1850e): Über *Helianthemum fumana*. [*Fumana procumbens* GREN. & GODR., Keimpflanzen, Infloreszenz und Samenbildung]. – Bot. Ztg. **8**: 201-205, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1850f): Einige Bemerkungen über die krautartigen Rosaceen [behandelt die Gattungen *Spiraea = Filipendula, Dryas, Geum, Fragaria, Comarum, Potentilla, Agrimonia, Alchemilla, Sanguisorba,* mit Ausblick auf weitere Arten]. – Bot. Ztg. **8**: 249-251, 270-273, 294-298, 321-322.

IRMISCH TH. (1850g): Über die Knolle von *Trichonema bulbocodium*. – Bot. Ztg. **8**: 340-341.

IRMISCH TH. (1850h): Über *Scabiosa succisa* S. [*Succisa pratensis* MOENCH: die unterirdische und oberirdische Sproßbildung wird behandelt]. – Bot Ztg. **8**: 394-399.

IRMISCH TH. (1850i): Über die Brakteen von *Cardamine pratensis* [kurze Notiz]. – Bot. Ztg. **8**: 504.

IRMISCH TH. (1850k): Berichtigung und Nachtrag zu dem Aufsatze über die krautartigen Rosaceen. [Auch *Polygonum amphibium* L. und *P. bistorta* L. zählen zu den krautartigen Perennen]. – Bot. Ztg. **8**: 559-561.

IRMISCH TH. (1850l): Botanische Notizen. [*Satyrium albidum, Gymnadenia albida, G. conopsea, Scabiosa graminifolia, Sagittaria sagittifolia, Acorus calamus, Polygonum viviparum, Juncus filiformis*.] – Bot. Ztg. **8**: 719-721.

IRMISCH TH. (1850m): *Coodyera repens*. [Nähere Angaben über die Ausläuferbildung bei *G. repens* (L.) R.BR. im Anschluß an die Besprechung eines Beitrags von Anton ORTMANN: Flora von Karlsbad. In MANNL, Rudolf: Führer von Karlsbad. Karlsbad: Franieck o. J.] – Bot. Ztg. **8**: 737-741.

IRMISCH TH. (1851a): Über die Dauer einiger Gewächse der deutschen Flora. [*Nonnea pulla = Nonea pulla* (L.) DC., *Stellaria uliginosa = St. alsine* GRIMM., *Spergularia rubra, Picris hieracioides, Angelica sylvestris*.] – Bot. Ztg. **9**: 361-366, 377-382.

IRMISCH TH. (1851b): Über die Blütenstände einiger Leguminosen. [*Genisteae, Anthyllideae, Trifolieae*] – Bot. Ztg. **9**: 673-681, 689-697, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1851c): Über die Infloreszenzen der deutschen Potameen [*Ruppia, Zannichellia, Potamogeton*.] – Flora **34**: 81-93, 1 Taf. Berichtigung: 192.

IRMISCH TH. (1851d): Einige Bemerkungen über *Tussilago farfara* L. [Sproßfolge, terminale und laterale Blütenstände, revolutive Blattaestivation]. –Flora **34**: 177-182.

IRMISCH TH. (1851e): Bemerkungen über die Infloreszenzen der einheimischen *Vaccinium*-Arten sowie einiger Ericeen und der *Polygala chamaebuxus* L. – Flora **34**: 497-505.

IRMISCH TH. (1853a): Beiträge zur Biologie und Morphologie der Orchideen. – Leipzig 1853, VIII, 82, 6 Taf.

IRMISCH TH.(1853b): Beiträge zur Naturgeschichte der einheimischen *Valeriana*-Arten, insbesondere der *V. officinalis* und *dioica*. – Abh. naturf. Ges. Halle **1**: 19-42, 4 Taf. Auch selbständig erschienen: Halle 1854: 25, 4 Taf.

IRMISCH TH. (1853c): Beitrag zur Naturgeschichte des *Cirsium arvense* (L.) SCOP. und einiger anderen Distelarten. (Wurzelsproßbildung bei anderen Familien und Gattungen erwähnt.) – Z. ges. Naturw. **1**: 193-200, 2 Taf.

IRMISCH TH. (1853d): Kurze botanische Mitteilungen. [Über Keimpflanzen von *Tussilago farfara* L., *Thesium montanum = T. bavarum* SCHRANK, *Chenopodium bonus-henricus* L., *Saxifraga granulata* L., *Scrophularia ehrhartii* STEVEN = *S. umbrosa* DUM., *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* L., *Potamogeton densus* L. = *Groenlandia densa* (L.) FOURR.; Dauer der *Ceratophyllum*-Arten]. – Flora **36**: 521-532.

IRMISCH TH. (1854a): Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen 1 *Ranunculus ficaria* L., *Carum bulbocastanum* und *Chaerophyllum bulbosum* L. nach ihrer Keimung, *Bryonia, Mirabilis* und *Dahlia, Tropaeolum brachyceras* HOOK. und *Tricolorum* SWEET. nach ihrer Knollenbildung.– Halle/S. 1854: 50, 8 Taf.2.

Die Keimung, die Wachstums- und Erneuerungsweise einer Reihe einheimischer Arten aus der natürlichen Pflanzenfamilie der Labiaten. – Halle/S. 1855: 45, 2 Taf.

3. Über *Smilacina bifolia* DESF. = *Maianthemum bifolium* (L.) F.W.SCHMIDT, *Convallaria majalis* L., *Convallaria Polygonatum* L. = *Polygonatum odoratum* (MILL.) DRUCE und *C. verticillata* = *Polygonatum verticillatum* (L.) ALL. und *Paris quadrifolia* L. – Halle/S. 1856. 38, 3 Taf.

4. *Fritillaria montana* HOPPE (=*F. tenella* MB), *F. imperialis* L. und *Lilium martagon* L., *Erythronium dens-canis, Methonica*. – Halle/S. 1863: 54, 5 Taf.

5. Über einige Aroideen. – Halle/S. 1874: 48, 6 Taf.

6. Zur Kenntnis der Keimpflanzen und der Sproßverhältnisse einiger Alstroemerieen und einiger Pflanzen aus anderen, nahe verwandten Familien. – Halle/S. 1879: 24, 2 Taf. (Festschrift naturf. Ges. Halle) (1-5 erschienen zunächst als Abh. naturf. Ges. Halle **2, 3, 3, 7, 13**).

IRMISCH TH. (1854b): Notitz über *Artemisia tournefortiana* RCHB. [Adventiv in Sondershausen, die Einschleppung mit Insektenpulver wird erörtert.] – Bot. Ztg. **12**: 61-63.

IRMISCH TH. (1854c): Bemerkungen über *Hippuris vulgaris* L. (Verzweigung, Sproßfolge, Bewurzelung). – Bot. Ztg. **12**: 281-287.

IRMISCH TH. (1854d): Notiz über *Gentiana pneumonanthe* L. [Sproßfolge, Bewurzelung, Blüte.] – Bot. Ztg. **12**: 690-693.

IRMISCH TH. (1854e): Einige Beobachtungen an einheimischen Orchideen [1. Behaarung der Blätter von *Orchis rivini* GOUAN = *O. militaris* L. und Beziehung dieser Art zu *O. purpurea* HUDS. 2. *Orchis tridentata* SCOP. 3. Keimpflanzen von *Platanthera solstitialis* BOENN. = *P. bifolia* (L.) RICH. und *P. montana* RCHB. fil. = *P. chlorantha* (CUST.) RCHB. und von *Gymnadenia conopea*: *G. conopsea* (L.) R. BR. 4. *Epipactis palustris* (L.) CR. bildet verzweigte Ausläufer.] – Flora **37**: 513-524, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1854f): Bemerkungen über *Malaxis paludosa* SW. [= *Hammarbya paludosa* (L.) O. KUNTZE] – Flora **37**: 625-627.

IRMISCH TH. (1854g): Über die Keimung und Knospenbildung von *Aconitum napellus* L. – Z. ges. Naturw. **4**: 181-192.

IRMISCH TH. (1855a): Morphologische Mitteilungen über die Verzweigung einiger Monokotylen. [*Nardus stricta* L., *Heleocharis palustris* = *Eleocharis palustris, Scirpus lacustris* L. = *Schoenoplectus lacustris* (L.) PALLA, *Juncus*-Arten.] – **13**: 41-48, 57-63.

IRMISCH TH. (1855b): Einige Bemerkungen über *Sedum maximum* KOCH. – Bot. Ztg. **13**: 249-255, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1855c): Bemerkungen über einige Pflanzen der deutschen Flora. [1. *Rhamnus cathartica* L. und *R. frangula* L. = *Frangula alnus* MILL. 2. *Lathyrus aphaca* L., *L. nissolia* L., *L. ochrus* (L.) DC. 3. *Pyrola uniflora* L. = *Moneses uniflora* (L.) A. GRAY, *Pyrola secunda* L. = *Orthilia secunda* (L.) HOUSE]. – Flora **38**: 625-638.

IRMISCH TH. (1855d): Die Keimung, die Wachstums- und Erneuerungsweise einer Reihe einheimischer Arten aus der natürlichen Pflanzenfamilie der Labiaten. [Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen]. – Abh. naturf. Ges. Halle **3**: 63-107, 2 Taf.

IRMISCH TH. (1855e): Über die Früchte der *Spiraea ulmaria* L. [= *Filipendula ulmaria* (L.) MAXIM.] und *Spiraea filipendula* L. [= *Filipendula vulgaris* MOENCH.] – Z. ges. Naturw. **6**: 461-464.

IRMISCH TH. (1856a): Morphologische Beobachtungen an einigen Gewächsen aus den natürlichen Familien der Melanthaceen, Irideen und Aroideen. – Abh. naturw. Ver. Sachs. Thür. Halle **1**: 129-150, 2 Taf. Auch selbständig erschienen Berlin 1856: 21, 2 Taf.

IRMISCH TH. (1856b): Über *Smilacina bifolia* DESF., *Convallaria majalis* L., *C. polygonatum* L. und *C. verticillata* L. und *Paris quadrifolia* L. (Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen) – Abh. naturf. Ges. Halle **3**: 107-145, 3 Taf. Auch als Teil des Sammelbandes "Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen", Halle /S. 1854-1879 erschienen.

IRMISCH TH. (1856c): Über einige Ranunculaceen. [*Anemone coronaria* L., *A. pulsatilla* = *Pulsatilla vulgaris* MILL., *A. hepatica* L.= *Hepatica nobilis* SCHREB. Keimungsverlauf der erwähnten Arten mit Bezug auf die röhrige Kotyledonarscheide bei *Eranthis hyemalis* (L.) SALISB.] – Bot. Ztg. **14**: 1-11.

IRMISCH TH. (1856d): Einige Bemerkungen über die einheimischen *Pyrola*-Arten. [Behandelt die Nektarien bzw. die hypogynischen Drüsen der *Pyrola*-Arten, dann die Blütenverhältnisse der Monotropeen.] – Bot. Ztg. **14**: 585-591, 601-606.

IRMISCH TH. (1856e): Notiz über *Drosera intermedia* HAYNE und *D. rotundifolia* L. – Bot. Ztg. **14**: 729-731.

IRMISCH TH. (1856f): Bemerkungen über die in Thüringen vorkommenden *Sorbus*-Arten. – Neue Blumenzeitung. Weißensee/Th. **23**: 121-122, 129-130, 148-149, 163-165, 180-181, 213-214, 278-279, 286-287, 310-311, 316-318.

IRMISCH TH. (1856g): Ein kleiner Beitrag zur Naturgeschichte des *Theligonum cynocrambe* L. – Flora **39**: 688-698.

IRMISCH TH. (1857a): Über einige Ranunculaceen II (behandelt *Anemone nemorosa* L. und *A. ranunculoides* L., dann *Ranunculus illyricus, R. arvensis, R. flammula, R. lingua* L., *Adonis aestivalis* L.).– Bot. Ztg. **15**: 81-87, 97-104, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1857b): Über die Keimung und die Erneuerungsweise von *Convolvulus sepium* L. (= *Calystegia sepium* (L.) R.BR.) und *Convolvulus arvensis* L. sowie über hypokotylische Adventivknospen bei krautartigen phanerogamen Pflanzen. – Bot. Ztg. **15**: 433-443, 449-462, 465-474, 489-497, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1857c): Zur Erinnerung an C. Fr. W. WALLROTH. Eine biographische Skizze. – Bot. Ztg. **15**: 545-552, 553-555.

IRMISCH TH. (1858a): Über einige Arten aus der natürlichen Pflanzenfamilie der Potameen. – Abh. naturw. Vers. Sachs. Thür. **2**: 1-56, 3 Taf. Auch selbständig erschienen: Berlin: Bosselmann 1858: 1-56, 3 Taf.

IRMISCH TH. (1858b): Über das Vorkommen von schuppen- oder haarförmigen Gebilden (*squamulae intravaginales*). [Behandelt die Gattungen *Potamogeton, Ruppia, Zannichellia, Triglochin, Scheuchzeria, Butomus, Alisma, Stratiotes, Hydrocharis, Najas, Hydrilla, Lemna.*] – Bot. Ztg. **16**: 177-179.

IRMISCH TH (1858c): Zur Naturgeschichte von *Melittis melissophyllum* L. [Keimungsgeschichte, Entwicklung des Hypokotyls und der Bewurzelung]. – Bot. Ztg. **16**: 233-235.

IRMISCH TH. (1858d): Über einige Pflanzen der thüringischen Flora. [Einzelheiten der Blüte besonders der Stamina bei *Hypecoum pendulum* L., *Glaucium luteum* SCOP., *G. phoeniceum* = *G. corniculatum* var. *phoeniceum* (CRANTZ DC.)] – Bot. Ztg. **16**: 235-236.

IRMISCH TH. (1858e): Botanische Mitteilungen. (1. *Utricularia minor,* Verhältnis der Infloreszenz zum vegetativen Sproß. 2. Notiz über *Crocus,* Infloreszenz. 3. Keimung von *Bunium.* 4. Monströse Birnen. 5. Ungewöhnlich verzweigter Roggenhalm). – Flora **41**: 33-42, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1858f): Bemerkung über *Spergula pentandra* und *S. morisonii* BOREAU. – Z. ges. Naturw. **11**: 53-55.

IRMISCH TH. (1858g): Bemerkung über *Scilla bifolia* L. (floristisch). – Z. ges. Naturw. **11**: 343-344.

IRMISCH TH. (1859a): Über Pflanzensagen. – Bot. Ztg. **17**: 5-6.

IRMISCH TH. (1859b): Der Pflanzenname *Taraxacon.* – Bot. Ztg. **17**: 18.

IRMISCH TH. (1859c): Literaturgeschichtliche Bemerkung über eine Ausgaben von Tragus Kräuterbuch (Hieronymus BOCK). – Bot. Ztg. **17**: 30-31.

IRMISCH TH. (1859d): Notiz über *Cynodon dactylon* (L.) PERS. [Ausläuferbildung und Sproßgestaltung]. – Bot. Ztg. **17**: 56.

IRMISCH TH. (1859e): Über *Lathyrus tuberosus* L. und einige andere Papilionaceen. [Auch über *Orobus tuberosus* L. = *L. linifolius* (REICHARD) BÄSSL. nebst Bemerkungen über weitere Arten.] – Bot. Ztg. **17**: 57-63, 65-72, 77-84.

IRMISCH TH. (1859f): *Carlina acaulis polycephala.*– Bot. Ztg. **17**: 165-166.

IRMISCH TH. (1859g): Notiz über *Pyrus decipiens* BECHST. und andere *Pyrus*-Arten in Thüringen [taxonomisch-floristisch sowie Keimungserfolge, *P. decipiens* BECHST. = *Sorbus decipiens* (BECHST.) IRMISCH]. – Bot. Ztg. **17**: 277-278.

IRMISCH TH. (1859h): *Crepis setosa* HALL. f., als Bürgerin der thüringischen Flora. – Bot. Ztg. **7**: 278.

IRMISCH TH. (1859i): Bemerkungen über einige Wassergewächse *Myriophyllum verticillatum* L., *Potamogeton trichoides* CHAM. & SCHLECHTEND, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Stratiotes aloides* L.). – Bot. Ztg. **17**: 353-356.

IRMISCH TH. (1859k): Zur Naturgeschichte des *Potamogeton densus* L. [= *Groenlandia densa* (L.) FOURR., Verzweigung des Sprosses]. – **42:** 129-139, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1859l): Kurze Mitteilungen über einige Pyrolaceen [besonders über *Chimaphila umbellata* (L.) BARTON]. – Flora **42**: 497-501.

IRMISCH TH. (1859m): Briefliche Mitteilung an den Schriftführer des Vereins *Vincetoxicum* betreffend. [Formen des Nektariums, Keimpflanzen]. – Verh. bot. Ver. Prov. Brandenb. **1**: 41-51.

IRMISCH TH. (1860a): Über einige Crassulaceen. (*Rhodiola rosea* L., *Umbilicus horizontalis* (GUSS.) DC., *Sempervivum*-Arten. – Ztg. **18**: 85-91.

IRMISCH TH. (1860b): Über einige Ranunculaceen III. *Eranthis hyemalis* (L.) SALISB. – Bot. Ztg. **18**: 221-227, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1860c): Kurze über die perennierenden *Sonchus*-Arten der deutschen Flora. – Verh. bot. Ver. Prov. Brandenb.: 117-122.

IRMISCH TH. (1860d): Über die Adventivknospen auf den Wurzeln von *Asclepias syriaca* L. – Verh. bot. Ver. Prov. Brandenb.: 122- 124.

IRMISCH TH. (1860e): Beiträge zur Morphologie der monocotylischen Gewächse. 1. H. Amaryllideen. – Abh. naturf. Ges. Halle **2**: 2, 76.

IRMISCH TH. (1861a): Einige Bemerkungen über *Poterium sanguisorba* L. und *P. polygamum* W. & K. [= *Sanguisorba minor* Scop. und *S. minor* ssp. *muricata* BRIQ.] – Bot. Ztg. **19**: 45-46.

IRMISCH TH. (1861b): Ein neuer thüringischer Standort der *Diplotaxis muralis* (L.) DC. – Bot. Ztg. **19**: 46-47.

IRMISCH TH. (1861c): Über *Carlina acaulis* L. – Bot. Ztg. **19**: 67.

IRMISCH TH. (1861d): Über *Polygonum aphibium* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Comarum palustre* L. (*Potentilla palustris* (L.) SCOP.), *Menyanthes trifoliata* L. – Bot. Ztg. **19**: 105-109, 113-115, 121-125, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1861e): Über zwei Varietäten der Brunnenkresse, eine langfrüchtige und eine kurzfrüchtige Form: var. *longisiliqua*, var. *brevisiliqua* (*Nasturtium officinale* R.BR.). – Bot. Ztg. **19**: 316-319.

IRMISCH TH. (1861f): Noch einige Beobachtungen über die Stipulae bei *Lotus* L., *Tetragonolobus* SCOP. und *Bonjeania* RCHB. = [*Dorycnium* MILL.]. – Bot. Ztg. **19**: 329-331.

IRMISCH TH. (1861g): Eine monströse Hyazinthe. [*Hyacinthus orientalis prolifer monstrosus* der Gärtner; in jeder einzelnen Blüte befinden sich mehrere gefüllte Blüten.] – Bot. Ztg. **19**: 342-343.

IRMISCH TH. (1861h): Bemerkungen über *Trifolium lupinaster* L. – Verh. bot. Ver. Prov. Brandenb. **3**: 1-7, 388.

IRMISCH TH. (1862a): Notiz über die *Rubus*-Arten [vor allem über die Steinfrüchte von *R. saxatilis* L.]. – Bot. Ztg. **20**: 295.

IRMISCH TH. (1862b): Über einige Fumariaceen. – Abh. naturf. Ges. Halle **6**: 195-316, 9 Taf.

IRMISCH TH. (1862c): Über einige Botaniker des 16. Jahrhunderts, welche sich um die Erforschung der Flora Thüringens, des Harzes und der angrenzenden Gegenden verdient gemacht haben. – Jber. Gymnasium Sondershausen 1862: 1-58.

IRMISCH TH (1863a): Ist Renealmus als Begründer der Gattung *Erthraea* anzusehen? – Bot. Ztg. **21**: 70-71.

IRMISCH TH. (1863b): Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen [behandelt die Keimung und Zwiebelbildung einiger *Liliaceae*, so von *Gagea*-Arten, z.B. *Gagea pusilla* (F.W.SCHMIDT) SCHULT. & SCHULT. f., von *Lloydia serotina* (L.) RCHB. und von *Tulipa*.] – Bot. Ztg. **21**: 137-142, 161-164, 170-173, 3 Taf.

IRMISCH TH. (1863c): *Hypoxis* oder *Hypoxys*? [Ein Pflanzenname bei RENEALMUS, der nach IRMISCH mit *Gagea pusilla* identisch ist]. – Bot. Ztg. **21**: 218-220.

IRMISCH TH. (1863d): Ein kleiner Beitrag zur Naturgeschichte der *Microstylis monophylla* [= *Malaxis monphyllos* (L.) SW., Sproßenentwicklung]. – Flora **46**: 1-8, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1863e): Einige Bemerkungen über *Scilla autumnalis* L. und *S. bifolia* L. – Z. ges. Naturw. **21**: 433-444, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1863f): Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen. 4. Abt. *Fritillaria montana* HOPPE, *F. imperialis* L. und *Lilium martagon* L., *Erythronium dens-canis* L., *Methonica virescens, M. superba*. – Abh. naturf. Ges. Halle **7**: 173-226, 5 Taf. (Auch als Teil des Sammelbandes "Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen. Halle/S. 1854-1879 erschienen).

IRMISCH TH. (1864a): Beobachtungen an einigen Liliaceen. [Die inneren Antheren stäuben 12-18 Stunden früher als die äußeren bei *Tulipa celsiana* DC.]. – Bot. Ztg. **22**: 65-66; Z. ges. Naturw. **23**: 511.

IRMISCH TH. (1864b): Bemerkungen über *Acorus calamus* L. und *A. gramineus* AIT. [Schuppenförmige Gebilde in den Blattachseln]. – Bot. Ztg. **22**: 66-67.

IRMISCH TH. (1864c): Bemerkungen über einige Fumariaceen. [Bei *Corydalis cava* kann eine Infloreszenz in der Achsel der beiden stengelständigen Blätter auftreten, auch zwei Vorblätter statt einer Blüte]. – Bot. Ztg. **22**: 69-70.

IRMISCH TH. (1864d): Einige Bemerkungen über die Nomenklatur der Pyrolaceen. – Bot. Ztg. **22**: 135-137.

IRMISCH TH. (1864e): Einige Bemerkungen über Valerius CORDUS (geboren 18.2.1515 Erfurt). –Bot. Ztg. **22**: 315-317.

IRMISCH TH. (1864f): Zur Naturgeschichte von *Juncus squarrosus* L. – Verh. bot. Ver. Prov. Brandenb. **6**: 238-243. Zusammenfass. in Z. ges. Naturw. **29**: 117-179 (1867).

IRMISCH TH. (1864g): Besprechung der Veröffentlichung von P. ASCHERSON): Aufzählung und Beschreibung der in der Provinz Brandenburg, der Altmark und dem Herzogtum Magdeburg bisher wildwachsend beobachteten und der wichtigeren Phanerogamen und Gefäßkryptogamen. – Flora **47**: 491.

IRMISCH TH. (1865a): Über einige Ranunculaceen. IV. *Ranunculus millefoliatus* VAHL. (Nachtrag zu *R. ficaria* L.) – Bot. Ztg. **23**: 29-32, 37-39, 45-48, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1865b): Ein kleiner Beitrag zur Naturgeschichte unserer Maiblumen. [Abweichende Folge von Niederblättern und Laubblättern]. – Bot. Ztg. **23**: 160-162.

IRMISCH TH. (1865c): Über das Wappen des Matthias LOBELIUS. – Bot. Ztg. **23**: 299-300.

IRMISCH TH. (1865d): Beitrag zur Naturgeschichte des *Stratiotes aloides* L. [Keimung und Sproßentwicklung, behandelt ferner *Najas major* ALL. = *N. marina* L., die Seitensprosse von *Hydrocharis morsus-ranae* L. und *Vallisneria spiralis* L.]. – Flora **48**: 81-91, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1866): Über *Papaver trilobum* WALLR. Ein Beitrag zur Naturgeschichte der Gattung *Papaver.* [Die Art *P. trilobum* WALLR. wird von F. MARKGRAF in HEGI, III. Fl. Mitteleur. 2. A., 4,1: 43 als "non existens" betrachtet]. – Abh. naturf. Ges. Halle **9**: 113-132, 2 Taf.

IRMISCH TH. (1867a): Über Pilze im Sondershäusischen (1866). – Z. ges. Naturw. **29**: 26-27.

IRMISCH TH. (1867b): Käfer und Fliegen in *Tuber excalvus* [*Anisotoma cinnamomeum* = *Liodes cinnamomea* Panzer und Tönnchenpuppen von *Tachinaria*]. – Z. ges. Naturw. **29**: 195.

IRMISCH TH. (1867c): Über einen alten Menschenschädel in der Nähe des schwarzburgischen Dorfes Otterstedt ausgegraben. [Mit Skizze der Ossa worimiana]. – Z. ges. Naturw. **30**: 422-423.

IRMISCH TH. (1868a): Bemerkungen über *Ranunculus ficaria* L. und *Gagea arvensis* (PERS.) [= *G. villosa* (MB.) DUBY. Gegen die Ansicht von van TIEGHEM, der eine fruchtbare und eine unfruchtbare Form von *R. ficaria* gefunden haben wollte, von *Gagea villosa* wurde im Jahre 1868 reichlich Samenbildung festgestellt]. – Bot. Ztg. **26**: 481-484.

IRMISCH TH. (1868b): Über seltenere Pflanzen Thüringens. – Z. ges. Naturw. **32**: 17-18.

IRMISCH TH. (1868c): Fund eines Stoßzahnes von *Elephas primigenius*. – Z. ges. Naturw. **32**: 18.

IRMISCH TH. (1870a): Über den thüringischen Chronikenschreiber Magister Paulus JOVIUS und seine Schriften. – Jber. Gymnasium Sondershausen 1870: 1-82. Auch selbständig erschienen: Leibzig 1870: 82.

IRMISCH TH. (1870b): Über die Keimung von *Carpolyza spiralis* SALISB. – Z. ges. Naturw. **35**: 49-53.

IRMISCH TH. (1870c): Botanische Mitteilung aus Thüringen. – Z. ges. Naturw. **35**: 115.

IRMISCH TH. (1870d): *Briteo tachardus* in Deutschland. (Ornithologische Notiz.) – Z. ges. Naturw. **35**: 94.

IRMISCH TH. (1871a): Ein neuer Standort von *Sisymbrium strictissimum* L. in Thüringen [bei Adersleben, KYFFH., wo auch *Gagea saxatilis* SCHULT. & SCHULT f. vorkommt]. – Bot. Ztg. **29**: 775.

IRMISCH TH. (1871b): Über *Juncus bufonius*. [Kurze Mitteilung zur Blütenbiologie; nachmittags 5 Uhr sind die Blüten geöffnet]. – Bot. Ztg. **29**: 852.

IRMISCH TH. (1873): Einige Bemerkungen über *Aconitum anthora* L. – Abh. naturw. Ver. Bremen **3**: 365-372, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1874a): Über einige Aroideen. – Abh. naturf. Ges. Halle **13**: 159-206, 6 Taf. Auch selbständig erschienen: Halle 1974: 48, 6 Taf.

IRMISCH TH. (1874b): Über *Poa sylvicola* GUSS. – Verh. bot. Ver. Prov. Brandenb. **16**: 1-5, 1 Taf. [perlschnurartig verdickte Rhizome; aus Neapel.]

IRMISCH TH. (1874c): Beitrag zur Morphologie einiger europaeischen *Geranium*-Arten insbesondere des *G. sanguineum* L. und *G. tuberosum* L. – Bot. Ztg. **32**: 545-553, 561-586, Taf.

IRMISCH TH. (1875): Einige Nachrichten über Johann THAL, den Verfasser der "Sylva Hercynia". – Harz-Ver. Gesch. Altertumskde. **8**: 149-161.

IRMISCH TH. (1876a): Über die Keimpflanzen von *Thipsalis cassytha* und deren Weiterbildung. Ein Beitrag zur Naturgeschichte der Cacteen. – Bot. Ztg. **34**: 193-205, 209-215, 1 Taf.

IRMISCH TH. (1876b): Über einige Pflanzen, bei denen in der Achsel bestimmter Blätter eine ungewöhnlich große Anlage von Sproßanlagen sich bildet. [*Allium nigrum* L., *Gymnocladus dioica* (L.) KOCH, *Juglans*-Arten, *Poinciniana pulcherima, Guilandinia bonducella*]. – Abh. naturw. Ver. Bremen **5**: 1-27, 2 Taf.

IRMISCH TH. (1876c): Einige Beobachtungen an *Eucalyptus globulus* LABILL. – Z. ges. Naturw. **48**: 159-200.

IRMISCH TH. (1877a): Bemerkungen über die Keimpflanzen einiger *Potamogeton*-Arten. – Z. ges. Naturw. **48**: 203-213 [zweifelhaftes Zitat aus CSP entnommen].

IRMISCH TH. (1877b): Bemerkungen über *Neottia nidus-avis* (L.) RICH. und einige andere Orchideen. – Abh. naturw. Ver. Bremen **5**: 503-509.

IRMISCH TH. (1877c): Einige Bemerkungen über die Wuchsverhältnisse von *Coronaria flos-jovis* A. BR. [= *Lychnis flos-jovis* (L.) DESR.) und *C. tomentosa* A. BR. (=*Lychnis coronaria* (L.) DESR.] – Abh. naturw. Ver. Bremen **5**: 337-342.

IRMISCH TH. (1879a): Die Wuchsverhältnisse von *Bowiea volubilis* HOOK. f., eingeleitet von F. BUCHENAU. –Abh. naturw. Ver. Bremen **6**: 433-440.

IRMISCH TH. (1879b): Zur Kenntnis der Keimpflanzen und der Sproßverhältnisse einiger Alstroemerien und einiger Pflanzen aus anderen, nahe verwandten Familien. – Festschrift naturf. Ges. Halle: 1-24, 2 Taf.

IRMISCH TH. (1905): Beiträge zur Schwarzburgischen Heimatkunde, hrsg. v. G.W.Hallensleben.

IRMISCH TH. (1906): Sondershausen: 1: (1905); 2: (2906) (enthält auch den Nachruf von W. KIESER, der im Jber. Gymnasium Sondershausen erschienen war).

JEAN F. C. & J. E. WEAVER (1924): Root behavior and crop yield under irrigation. – Publ. Carnegie Inst. Wash. No. **347**, 65pp.

KANDELER E., EDER G. & M. SOBOTIK (1994): Microbial biomass, N-mineralisation and various enzyme activities in relation to N-leaching and root distribution of a slurry-amended grassland. – Federal Institute for Soil Management, Wien, Biol. Fertil Soils **18**: 7-12.

KASPAR T.C., C.D. STANLEY & H.M. TAYLOR (1978): Soybean root growth during the reproductive stages of development. – Agron. J. **70**: 1105-1106.

KÄSTNER A. & G. KARRER (1995): Übersicht für Wuchsformentypen als Grundlage für deren Erfassung in der Flora von Österreich. – Fl. Austr. Novit. **3**: 1-51.

KAUSCH W. (1960): Bericht über die ökologischen Untersuchungen der Wüstenvegetation in der Ägyptisch-Arabischen Wüste. – UNESCO Document N. ser. **914**/58: 14-17.

KAUSCH W. & H. EHRIG (1959) Beziehungen zwischen Transpiration und Wurzelwerk. – Planta **53**: 434-448.

KAUTER A. (1933): Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwachstums der Gräser. – Ber. Schweiz. Bot. Ges. **42**: 37-109.

KEIL G. (1940): Das Wurzelwerk von *Taraxacum officinale* WEBER. – Beih. Bot. Centralbl. **60**: 57-69.

KELLY J.M. (1975): Dynamics of root biomass in two eastern Tennessee old-field communities. – Amer. Midl. Nat. **94**: 54-61.

KING F.A. (1892-93): Natural distribution of roots in field soils. – Wisconsin Agric. Exp. Sta. Annual Rep. **9**: 112-120, **10**: 160-164.

KIRCHDORFER A. M. (1981): Ginseng. Legende und Wirklichkeit. – München & Zürich: Droemersche Verlagsanstalt, 224 pp.

KIRCHNER O. van, LOEW E. & SCHROETER C. (1904-1942): Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. – Ulmer, Stuttgart. 5646 pp.

KLINGE H. (1973a): Root mass estimation in lowland tropical rain forests of central Amazonia, Brazil. I. Trop. Ecol. **14**: 29-38.

KMOCH H.G. (1952): Über den Umfang und einige Gesetzmäßigkeiten der Wurzelmassenbildung unter Grasnarben. – Z. Acker- u. Pfl.-bau **95**: 363-380.

KMOCH H.G. (1960): Die Herstellung von Wurzelprofilen mit Hilfe des UTAH-Erdbohrers und ihre Ausbeutung. – 1, 2. Z. Acker- u. Pfl.-bau **110**: 249-254, 425-437.

KNIGHT Th. A. (1895): Sechs pflanzenphysiologische Abhandlungen. – Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften **62**.

KNOP W. & W. WOLF (1865): Ueber Wasser-und Landwurzeln. – Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen **7**: 345-351.

KOBIERSKI A. (1980): Orientierende Untersuchungen über das Vorkommen von Pigmenten, insbesonders von Anthocyanen, in Gewebekulturen von Radix Anethi. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

KÖHNLEIN J. (1955): Die Durchporung und Durchwurzelung des Unterbodens. – Schriftenr. Landw. Fak. Univ. Kiel **14**: 4-41.

KÖHNLEIN J. & H.VETTER (1953): Ernterückstände und Wurzelbild. – Parey, Berlin. 138 pp.

KOLESNIKOV V. A. (1971): The root systems of fruit plants. – Engl. ed. Moscow.

KOLESNIKOV V. A. (1972): Methods of studying root systems of woody plants. [Russ.] – Moscow.

KÖPKE U. (1981): A comparison of methods for measuring root growth of field crops. – Z. Acker- u. Pfl.-bau **150**: 39-49.

KÖSTLER J. N., BRÜCKNER E. & H. BIBELRIETHER (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. – Hamburg & Berlin: P. Parey. 284 pp.

KOTÁNSKA M. (1967): Biomass dynamics of underground plant organs in some grassland communities of the Ojców National Park. – Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. Biol. **15**: 625-631.

KOTÁNSKA M. (1970): Morphology and biomass of the underground organs of plants in grassland communities of the Ojców National Park. – Studia Naturae Polskiej Akad. Nauk Ser. A **4**: 1-108.

KRAMER J. & J. E. WEAVER (1936): Relative efficiency of roots and tops of plants in protecting the soil from erosion. – Univ. Nebr. Cons. And Surv. Div. Bull. **12**; 94 pp.

KRAUS C. (1894): Untersuchungen über die Bewurzelung der Kulturpflanzen in physiologischer und kultureller Beziehung. Zweite Mitteilung. – Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik **17**: 55-103.

KROEMER K. (1903): Wurzelhaut, Hypodermis und Endo-

dermis der Angiospermenwurzel. – Bibliotheka Bot. **59**.

Kull U. (1997): Zellzyklus und Wurzelwachstum. – Naturwiss. Rundschau (Braunschweig) **50**/5: 191-192.

Küster E. (1911): Die Gallen der Pflanzen. – Leipzig, S. Hirzel.

Kutschera L. (1950): Die nickende Kragenblume (*Carpesium vernum* L.) Neu für Kärnten. – Carinthia II **58** u. **60**: S. 1.

Kutschera L. (1951): Pflanzensoziologische Beobachtungen im Lavanttal. – Wetter & Leben **3**: 57-61.

Kutschera L. (1951): Vegetationsaufbau und Standorte der Pflanzengesellschaft des "Knolligen-Sternmiere-reichen Schwarzerlen-Eschenwaldes", (*Alneto-Fraxinetum stellaietosum bulbosae*) in Kärnten. – Carinthia II **61**: 93-105.

Kutschera L. (1956): Die Pflanzensoziologischen Verhältnisse auf dem Gelände der Landesanstalt. – In: Die Landesanstalt für Pflanzenzucht und Samenprüfung in Rinn. – Schlern-Schriften **145**: 23-29.

Kutschera L. (1956): Moorpflanzengesellschaft, ihr Wurzelbild und ihre Ökologie. – 9. Tagung für Moorforschung, Keszthely Ungarn.

Kutschera L. (1960): Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. Wurzeldarstellungen von E. Lichtenegger – DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 574 S.

Kutschera L. (1961): Erfolgreiche Landwirtschaft durch Pflanzensoziologie. – Eigenverlag Pflanzensoziologisches Institut, Klagenfurt, 70 S.

Kutschera L. (1962): Starke Wurzeln – kräftige Pflanzen – hohe Erträge. – Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft **77**: 1219-1222.

Kutschera L. (1966): Ackergesellschaften Kärntens als Grundlage standortgemäßer Acker- und Grünlandwirtschaft. – Eigenverlag: BVA Gumpenstein, Irdning, 194 S.

Kutschera L. (1966): Biologische Unkrautbekämpfung auf pflanzensoziologischer Grundlage. – Eigenverlag: BVA-Gumpenstein, Irdning: 107-111.

Kutschera L. (1966): Neufunde und neue Standorte seltener Pflanzen in Kärnten. – Carinthia II **76** (156): 51-59.

Kutschera L. (1966): Wurzelbild und Lebenshaushalt am Beispiel anthropogener Vegetation. – In: Anthropogene Vegetation. Bericht über das internationale Symposium in Stolzenau/Weser (1961). – Dr. W. Junk, Den Haag: 121-130.

Kutschera L. (1969): Veränderungen von Grünlandbeständen durch die Gülledüngung und Vermeidung von Verunkrautung. – In: Bericht der 5. Arbeitstagung Fragen der Güllerei (1968). – Eigenverlag: BVA Gumpenstein, Irdning: 49-81.

Kutschera L. (1971): Das positive geotrope Wachstum des Keimblattes von *Phoenix dactylifera* als Beweis einer neuen Erklärung des Geotropismus. – Oesterr. Bot. Z. **119**: 154-168.

Kutschera L. (1971): Über das geotrope Wachstum der Wurzel. – Beitr. Biol. Pflanzen **47**: 371-436.

Kutschera L. (1972): Erklärung des geotropen Wachstums aus Standort und Bau der Pflanzen. – Land- u. Forstw. Forschung in Österreich **5**: 35-89.

Kutschera L. (1973): Morphologie der Wurzeln von Arten des Acker-und Grünlandes und ihre Veränderung durch die Umwelt unter besonderer Brücksichtigung des geotropen Wachstums. – In: Probleme der Agrobotanik. – Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (1972) **11**: 170-176.

Kutschera L. (1975): Die Entwicklung der Gülleflora und ihre Ursachen im Bau der Arten (Bestimmung der Schadwirkung der Gülle durch den Wurzeltest). – In: Bericht der 6. Arbeitstagung Fragen der Güllerei (1974). – Eigenverlag: BVA Gumpenstein, Irdning: 49-69.

Kutschera L. (1975): The mechanism of the geotropic growth of roots. – In: Positiver Geotropismus der Wurzel durch Asymmetrie der Haube. – Beitr. Biol. Pfllanzen **52**: 57-80.

Kutschera L. (1978): Beeinflussung der Pflanzengesellschaften durch die Düngung. – In: Symposium Biologische Landwirtschaft (1977). – Eigenverlag: Initiativkreis Biologischer Landwirtschaft, Gemeinnütziger Studentenverein: 70-78.

Kutschera L. (1979): Einfluß von Düngung und Nutzung auf die kalzinogene Wirksamkeit des Goldhafers (*Trisetum flavescens*). – In: Bericht über die internationale Fachtagung. Bedeutung der Pflanzensoziologie für eine standortgemäße und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft (1978). – Eigenverlag: BVA Gumpenstein, Irdning: 137-157.

Kutschera L. (1979): Gliederung der Pflanzengesellschaften und Wirtschaftsplanung. – In: Bericht über die internationale Fachtagung Bedeutung der Pflanzensoziologie für eine standortgemäße und umweltgerechte Land- und Almwirtschaft (1978). – Eigenverlag: VBA Gumpenstein, Irdning: 137-157.

Kutschera L. (1979): Landschaftsökologische Bedeutung der Almwirtschaft. – Der Alm- und Bergbauer **29**: 403-421.

Kutschera L. (1981): Das Wurzelwachstum im Schwerefeld der Erde. – In: Gartenrundbrief aus der biologisch-dynami-

schen Arbeit, Verlag Arbeitsgemeinschaft f. biol.-dyn. Wirtsch.: 1-8.

KUTSCHERA L. (1981): Führer zur Exkursion durch das Glocknergebiet und die Karnischen Alpen in Kärnten. – 3. SH der Mitteilungen der Ö.B.G.

KUTSCHERA L. (1982): Die unterirdische Welt der höheren Pflanzen, ihre Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz. – Kärntner Naturschutzbl., Separata **82**: 15-28.

KUTSCHERA L. (1982): Wurzeltypen der *Monocotyledonae* (*Liliopsida*). Entwurf eines Bestimmungsschlüssels für Arten Mitteleuropas nach anatomischen Merkmalen. – Stapfia **10**: 54-70.

KUTSCHERA L. (1983): Wurzel-Tropismen als Funktion der Wasserabgabe und -aufnahme, die Wassertheorie. – In: Wurzelökologie und ihre Nutzanwendung, Root Ecology and its Practical Application. – BVA Gumpenstein, Irdning: 301-322.

KUTSCHERA L. (1984): Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung Landsorten in den Ostalpen aus ökologischer Sicht. – In: 9. Seminar Landwirtschaftlich-chemische BVA-Linz Donau: 100-108.

KUTSCHERA L. (1984): SO_2-Schäden an Acker-, Grünland- und Waldbeständen – ihre Merkmale. – Angew. Bot. (Göttingen) **58**: 171-194.

KUTSCHERA L. (1984): Untersuchung der Wurzeln und der unterirdischen Teile von Sproß-Systemen. – In: Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. – Dr. Junk Publishers, The Hague: 129-160.

KUTSCHERA L. (1986): Die heutige Verteilung von Wald und Grasland – ihre Ursachen und ihre Bedeutung für den Umweltschutz. – Sauteria **1**: 27-43.

KUTSCHERA L. (1987): Pflanzenschäden durch SO_2, Autoabgase und luftgetragene Chlorkohlenwasserstoffe – ihre Merkmale. – Hercynia N.F. **24**: 358-364.

KUTSCHERA L. (1989): Wurzelhaube, Wurzeltasche, Bau und Funktion. – 9. Symposium Morphologie, Anatomie und Systematik, Wien: 31-32.

KUTSCHERA L. (1990): Morphological changes of roots in declining forests. – In: Above and belowrand interactions in forest trees in acidified soils, Air Pollution Research Report **32**, Eigenverlag: Commission of the Europaen Communities and the Swedish Univ. of Agricultural Sciences in Simlangsdalen, Sweden: 17-30.

KUTSCHERA L. (1991): Short review of the present state of root research. – In: Plant roots and their environment. – Elsevier, Amsterdam, London, New York, Tokio: 1-8.

KUTSCHERA L. (1991): The history and present situation in geotropism research. – In: Root Ecology and its Practical Application. – Eigenverlag: Verein für Wurzelforschung, Klagenfurt: 67-70.

KUTSCHERA L. (1992): Geschichte des Geotropismus und Bedeutung der Schwerkraft für die Wasserabgabe und -aufnahme von Sproß und Wurzel in Abhängigkeit von deren verschiedenenm anatomischen Bau. – In: Root Ecology and its Practical Application 2. – Eigenverlag: Verein für Wurzelforschung, Klagenfurt: 329-334.

KUTSCHERA L. (1992): Practical Application of root research - Agriculture horticulture and agroforestry – Wurzelforschung und Landwirtschaft. – In: Root Ecology and its Practical Application 2. – Eigenverlag: Verein für Wurzelforschung, Klagenfurt: 371-376.

KUTSCHERA L. (1992): The history of geotropism and significance of gravity in the uptake and loss of water by shoot and root as a function of their different anatomical structure. – In: Root Ecology and its Practical Application 2. – Eigenverlag: Verein für Wurzelforschung, Klagenfurt: 813-826.

KUTSCHERA L. (1992): Wege zur Minderung von Dürreschäden auf Acker- und Grünland. – Der Förderungsdienst 40/12: 336-342.

KUTSCHERA L. (1995): Das Richtungswachstum der Pflanze in Sproß und Wurzel. – Carinthia II SH **53**: 92-94.

KUTSCHERA L. (1995): Influence of climatic conditions on root strategies and phytocoenosis - illustrated by the new explanation of geotropism. – In: Applied vegetation ecology, proceedings of the 35 th Symp. (1992) Shanghai: 51-57.

KUTSCHERA L. (1996): Growth strategies of plant roots in different climatic regions. – Acta Phytogeogr. Suec. **81:** 11-16.

KUTSCHERA L. (im Druck): Geotropismus und Wurzelverlauf von *Welwitschia mirabilis* sowie anderer Arten der Namib. – Acta E.R.N. Univ. Comen. - Physiol. Pl. **23**.

KUTSCHERA L. & K. KÖHLER (1985): Grünland-Gesellschaften aus dem Gebiet von Kals in Osttirol als Ausdruck von Standort und Wirtschaft. – In: Veröff. d. Österr. MAB Programmes Bd. **9** – Wagner, Innsbruck: 248-281.

KUTSCHERA L. & E. LICHTENEGGER: (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Bd. 1 *Monocotyledonae*. – Gustav Fischer, Stuttgart, 516 S.

KUTSCHERA L. & E. LICHTENEGGER (1986): Wurzeltypen von

Klimaräumen in Argentinien. – Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel, Zürich **94**: 228-250.

KUTSCHERA L. & E. LICHTENEGGER (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Bd. 2, *Pteridophyta* und *Dicotyledoneae*. – Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, New York, 851 S.

KUTSCHERA L. & E. LICHTENEGGER (1997): Bewurzelung von Pflanzen in den unterschiedlichen Lebensräumen. Stapfia **49**.

KUTSCHERA L. & E. LICHTENEGGER (im Druck): Die Wurzel, Hilfe für das Überleben von *Welwitschia mirabilis* und anderer Arten der Namib. – Palmengarten, Frankfurt/Main.

KUTSCHERA L. & M. SOBOTIK (1985): Gülleflora - Unterschiede durch Klima und Boden. – In: Bericht über die 7. Arbeitstagung Fragen der Güllerei (1981). – Eigenverlag: BVA-Gumpenstein, 8952 Irdning: 79-119.

KUTSCHERA L. & M. SOBOTIK (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Bd. 2, *Pteridophyta* und *Dicotyledoneae*. (*Magnoliopsida*), Teil 2 Anatomie. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 261 S.

KUTSCHERA L., BARMICHEVA K. M. & M. SOBOTIK (im Druck): The importance of root cap mucilage for plant and soil. – Pl. & Soil.

KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E. & D. HAAS (1994): *Saxifraga petraea* – neu für Österreich. – Florae Austriacae Novitates **1**: 37-38.

KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E. & M. SOBOTIK (1982): Vegetationswandel unter Schadgasbelastung auf Grün- und Ackerland immissionsökologische Projekt Arnoldstein. Eine interdisziplinäre Studie. – Carinthia II **39,** SH: 121-168.

KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E. & L. WACHMANN (1991): Die Begrünung und Bepflanzung der Autobahnen in Kärnten. – In: Autobahnbau in Kärnten 1965-1990, T. **2**: 72-85.

KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E., SOBOTIK M. & D. HAAS (1997): Die Wurzel, das neue Organ, ihre Bedeutung für das Leben von *Welwitschia mirabilis* und anderer Arten der Namib sowie von Arten angrenzender Gebiete. – Eigenverlag, Pflanzensoziologisches Institut Klagenfurt, 94pp.

LÄNGER R. (1990): Orientierende Untersuchungen zur Wurzelanatomie einiger Cichoriaceen. – Scientia Pharmaceutica **58**: 417-422.

LÄNGER R., ENGLER S. & W. KUBELKA (1995): Vergleichende Wurzelanatomie einiger ausdauernder Arten der Gattung *Ononis* L. – Pharmazie Beih. Ergänzungsband **50**: 627-629.

LEITGEB H. (1858): Die Haftwurzeln des Epheu. – Akad. Wiss. Wien, Sitzungsber., Math.-Naturwiss. Kl. **29**: 350-360, 1 Tafel.

LEITGEB H. (1864): Zur Kenntnis von *Hartwegia commosa* NEES. – Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Cl. **49**, Abt. 1: 138-160, 1 Tafel.

LEITGEB H. (1865): Die Luftwurzeln der Orchideen. – Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **24**: 179-222, tt. I-III.

LICHTENEGGER E. (1963): Die natürlichen Voraussetzungen und deren Berücksichtigung für eine erfolgreiche Weidewirtschaft im Kärntner Becken. – Diss. Bodenkultur, Wien, 225 S.

LICHTENEGGER E. (1965): Erster Fundort von *Hierochloe odorata* in der Steiermark. – Mitt. Naturwiss. Vereines Steiermark **95**: 132-135.

LICHTENEGGER E. (1976): Wurzelbild und Lebensraum. – Beitr. Biol. Pflanzen **52**: 31-65.

LICHTENEGGER E. (1978): Bedeutung des Bodentyps und der Bodenart für die Zusammensetzung, Entwicklung und Bewirtschaftung von Grünlandbeständen. – Tagungsbericht d. BVA Gumpenstein: 15-32.

LICHTENEGGER E. (1979): Gegenwärtiger Stand der Almwirtschaft in Kärnten. – Der Alm- und Bergbauer **11**: 380-402.

LICHTENEGGER E. (1980): Ordnung von Wald und Weide aus gegenwärtiger Sicht. – Der Alm- und Bergbauer **6/7**: 1-7.

LICHTENEGGER E. (1981): Höhenstufengliederung und Zusammensetzung der montanen und subalpinen Grünlandbestände. – Mitt. Österr. Bodenk.Ges. **3**, SH: 29-44.

LICHTENEGGER E. (1982): Der wärme- und wasserhaushaltertragbildende Faktoren in Abhängigkeit von der Seehöhe, dargestellt aus pflanzensoziologischer Sicht. – Mitt. Österr. Bodenk. Ges. **25**: 75-91.

LICHTENEGGER E. (1982): Gesamtdarstellung einiger wichtiger Vertreter der Alpenflora. – Beitr. zum Lehrbuch Alpwirtschaft von O. BRUGGER & R. WOHLFARTER. Leopold Stocker Verl. Graz: 186-194.

LICHTENEGGER E. (1983): Wurzel- und Bodentyp als Ausdruck des Standortes. – Intern. Symposium über Wurzelökologie und ihre Nutzanwendung. – Tagungsber. BVA Gumpenstein, Irdning: 369-388.

LICHTENEGGER E. (1984): Die Bedeutung des Pferdes für die Weidepflege. – Der Alm- und Bergbauer **3**: 3-11.

LICHTENEGGER E. (1985): Almwirtschaft – eine volkswirtschaftliche Notwendigkeit. – Der Förderungsdienst **2**: 35-40.

LICHTENEGGER E. (1985): Die Ausbildung der Wurzelsysteme

krautiger Pflanzen und deren Eignung für die Böschungssicherung auf verschiedenen Standorten. – Ges. für Ingieneurbiologie. Jahrbuch **2**: 63-92, Aachen.

LICHTENEGGER E. (1985): Die Durchwurzelung des Ackerbodens und ihre Bedeutung für die Fruchtfolge. – XXVII. Georgikon-Tage der Landw. Univ. Keszthely. Tagungsber.: 106-119.

LICHTENEGGER E. (1985): Forst- und Weidewirtschaft – ein naturbedingter Gegensatz. – Der Alm- und Bergbauer **1/2**: 32-43.

LICHTENEGGER E. (1987): Landwirtschaft und Bodenschutz. – Der Alm- und Bergbauer **12**: 3-14.

LICHTENEGGER E. (1988): Almwirtschaft und Bodenschutz. – Bodenschutz-Kongreß 1987 der Arge Alp in München. – Veröffentl. des Bayrischen Staatsmin. f. Landentwicklung und Umweltfragen **52**: 61-71.

LICHTENEGGER E. (1988): Einfluß der Almdüngung auf den Pflanzenbestand. – Der Alm- und Bergbauer **5**: 204-218.

LICHTENEGGER E. (1989): Ist Abbrennen im Almbereich schädlich. – Der Alm- und Bergbauer **6/7**: 228-234.

LICHTENEGGER E. (1989): Ist Schneemachen umweltverträglich? – Zeitschr. Seilbahnen International **6**: 37-41

LICHTENEGGER E. (1990): Zur Kritik an der mechanischen Schnee-Erzeugung. – Zeitschr. Seilbahnen International **1**: 7 S.

LICHTENEGGER E. (1991): Beschneiung und Vegetation. – Eigenverlag: Pflanzensoziologisches Institut, Klagenfurt, 54 S.

LICHTENEGGER E. (1992): Alpenländische Kulturlandschaft oder Naturlandschaft. – Der Förderungsdienst **8**: 210-214.

LICHTENEGGER E. (1992): Die Landwirtschaft in der Mongolei. – Der Förderungsdienst **4**: 104-109.

LICHTENEGGER E. (1992): Einfluß der Beschneiung auf die Vegetation. – Der Förderungsdienst **6**: 152-156.

LICHTENEGGER E. (1992): Response of herbaceous plant ground axes to variation in climatic condition proceedings of the 3rd ISRR-symposium 1991, Univ. f. Bodenkultur. – Eigenverlag: Verein für Wurzelforschung, 9020 Klagenfurt: 663-668.

LICHTENEGGER E. (1993): Hochlagenbegrünung unter besonderer Berücksichtigung der Begrasung und Pflege von Schipisten. – Eigenverlag: Pflanzensoziologisches Institut, 9020 Klagenfurt. 95 S.

LICHTENEGGER E. (1994): Hochlagenbegrünung mit Alpinsaatgut. – Der Förderungsdienst **5**: 125-131.

LICHTENEGGER E. (1994): Radication of typical species in grassland biocoenoses and ist dependence on climate and soil. – In: Applied Vegetation Ecology. Proceedings of the 35th Symp. of IAVS, pp. 258-262. East China Normal University Press, Shanghai, China.

LICHTENEGGER E. (1995): Bewurzelung von Pflanzen arider Gebiete. – 8. Österr. Botanikertreffen. – Carinthia II **53**, SH: 98-100.

LICHTENEGGER E. (1996): Root distribution in some alpine plants. – Acta Phytogeogr. Suec. **81**: 76-82.

LICHTENEGGER E. & L. KUTSCHERA (1991): Spatial root types. – In: MCMICHAEL B.L. & H. PERSSON (eds.) Plant roots and their environment. – Developments in agricultural and managed-forest ecology **24**: 359-365.

LICHTENEGGER E. & L. KUTSCHERA (1993): Standorte und Wuchsformen kennzeichnender Arten des Mittelmeerraumes auf Malta. – In: Festschrift Zoller. – Dissertationes Botanicae **196**: 135-153.

LICHTENEGGER E. & K.E. SCHÖNTHALER (1986): Biologische Böschungssicherung durch Kurzwuchsrasen. – Bundesminist. f. Bauten und Technik, Straßenforschung, Heft **308**: 74 S.

LICHTENEGGER E., KUTSCHERA L. & H. KÖHLER (1985): Grünlandgesellschaften aus dem Gebiet von Kals in Osttirol als Ausdruck von Standort und Wirtschaft (Pflanzensoziologische Untersuchungen im Rahmen des Man and the Biosphere-Forschungsprojektes). – Veröffentl. Österr. MaB-Programm. **9**: 247-281.

LICHTENEGGER E., KUTSCHERA L., KÖHLER H. & R. LIBISELLER (1979): Zur Kalzinose der Rinder in Österreich. VIII. Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Kalziose, Klima, Boden und Düngung in Kals in Osttirol. – Zbl. Vet. Med. A. **26**: 290-308.

LICHTENEGGER E., KUTSCHERA L., LICHTENEGGER H. & H. KÖHLER (1985): Grünland-Gesellschaften aus dem Gebiet von Kals in Osttirol als Ausdruck von Stand und Wirtschaft. – In: Beiträge zu den Wechselbeziehungen zwischen den Hochgebirgsökosystemen und den Menschen. Wagner: 248-281.

LIEBIG J. v. (1862): Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Zweiter Theil. Die Naturgesetze des Feldbaues. – 7. Aufl., Braunschweig.

LINKOLA K. & A.TIIRIKKA (1936): Über Wurzelsysteme und Wurzelausbreitung der Wiesenpflanzen auf verschiedenen Wiesenstandorten. – Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo **6**: 207 pp.

LINNAEUS C. (1751): Philosophia botanica in qua explicantur fundamenta botanica...–Stockholmiae: G. Kiesewetter.

LOTT W.L., SATCHELL D.P. & N.S. HALL (1950): A tracer-element technique in the study of root extension. – Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **55**: 27-34.

LUHAN M. (1947): Die Goldendodermis der Farne. Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Filicineen. – Österr. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **156**, Sitzungsber., Abt. I (1 u. 2): 1-56.

LUHAN M. (1952) Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen. I. *Primulaceae*. – Österr. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **160**, Sitzungsber., Abt. I (6 u. 7): 481-507.

LUHAN M. (1952): Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen. II. *Saxifragaceae* und *Rosaceae*. – Österr. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **161**, Sitzungsber., Abt. I (4 u. 5): 199-237.

LUHAN M. (1954): Über das Vorkommen von Sklerenchym-Idioblasten bei *Globularia*-Arten. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **67** (9): 348-356.

LUHAN M. (1954): Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen. III. *Gentianaceae*. – Österr. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **163**, Sitzungsber., Abt. I (3): 89-107.

LUHAN M. (1955): Das Abschlußgewebe der Wurzeln unserer Alpenpflanzen. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **68** (2): 87-92.

LUHAN M. (1957): Das Verhalten der Rhizomgewebe einiger Wasser- und Sumpfpflanzen bei Vitalfärbung. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **70** (8): 361-370.

LUHAN M. (1959): Neues zur Anatomie der Alpenpflanzen. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **72** (7): 262-267.

LUHAN M. (1959): Zur Wurzelanatomie unserer Alpenpflanzen. IV. *Compositae*. – Österr. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **168**, Sitzungsber., Abt. I (7): 607-641.

LUHAN M. (1961): Zur Wurzelanatomie von *Ranunculus hybridus* BIRIA und *Ranunculus brevifolius* TENORE. – Ber. Deutsch . Bot. Ges. **73**: 477-480.

LUHAN M. (1963): Die Epidermis von *Agropyron repens*. – Protoplasma **57** (4): 645-660.

LUHAN M. & G. NIEDER (1969): Entwicklungsanatomische Untersuchungen an der Galle von *Craneiobia corni* GIRAUD auf *Cornus sanguinea*. – Österr. Bot. Z. **117**: 314-326.

LUHAN M. & A. TOTH (1951): Einige Rezepte zur Fluorochromierung pflanzlicher Gewebe. – Mikroskopie **6** (9-10): 299-301.

LUHAN M., A. ZIEGELER & K. HÖFLER (1962): ett-Schwellen der Uraninfärbbarkeit des Plasmas einiger Florideen. – Protoplasma **55**/2: 357-371.

LUHAN M., A. ZIEGLER & K. HÖFLER (1962): Uraninschwellen des Protoplasmas der Braunalge *Stypocauton scoparium*. – Protoplasma **55**/2: 410-413.

MAGER H. (1932): Beiträge zur Kenntnis der primären Wurzelrinde. – Planta **16**: 666 ff.

MALPIGHI M. (1686) Opera omnia. – London: Scott et Welles.

MALPIGHI M. (1686): De radicibus plantarum. – In: Opera omnia, ...: 54 - 72, tt. XXIX - XXXIX (Londini: R. Scott & G. Welles).

MALY J. (1823): De analogis Plantarum affinium Viribus. – Pragae: Typis Sommerianis, [X], 52 pp.

MARZELL H. (1963): Zauberpflanzen, Hexentränke – Kosmos-Bibliothek **241**: 88 pp.

MASSALONGO C. (1898): Le galle nell'Anatome plantarum di M. Malpighi. – Malpighia **12**: 20-53.

MEDICUS F. C. (1790): Ueber das vermögen der Pflanzen, sich noch durch andere wege, als den saamen zu vervielfältigen, und fortzupflanzen. – Hist. Comm. Acad. Elect. Sci. Eleg. Litt. Theodoro-Palatinae, Phys. **6**: 443-515.

MEDICUS F. C. (1790): Von zwei neuen pflanzen-geschlechtern, deren haupt-charaktere in dem wurzel-bau liegen. – Hist. Comm. Acad. Elect. Sci. Eleg. Litt. Theodoro-Palatinae, Phys. **6**: 369-373.

MEDICUS F. C. (1791): Ueber Linnes *Hyacinthen* Gattung. – Ann. Bot. (Usteri) **4**: 5-20.

MEDICUS F. C. (1793): Critische Bemerkungen über Gegenstände aus dem Pflanzenreiche. Bd.1/2. – Mannheim: Schwan und Götz.

MEDICUS F. C. (1803): Pflanzen-physiologische Abhandlungen. 2. Bd. – Leipzig: H. Gräff.

MELCHER R. (1988): Zur mikroskopischen und dünnschichtchromatographischen Untersuchung der zur Aufnahme in die Österreichische Arzneitaxe vorgesehen bzw. aufgenommen Wurzeldrogen. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

MERRILL S.D. & S.L. RAWLINS (1979): Distribution and growth of sorghum roots in response to irrigation frequency. – Agron. J. **71**: 738-745.

MILLER E.C. (1916): Comparative study of the root systems and leaf areas of corn and the sorghums. – J. Agric. Res. **6**: 311-332.

MITLACHER W. (1909): Lehrbuch für Aspiranten der Pharmazie. IV. Band. Pharmakognosie. – Wien & Leipzig: C. Fromme, 269 pp.

MOELLER J. (1892): Pharmakognostischer Atlas. Mikroskopische Darstellung und Beschreibung der in Pulverform gebräuchlichen Drogen.– Berlin: J. Springer, 443 pp.

MOELLER J. (1906): Lehrbuch der Pharmakognosie. 2. Aufl. – Wien, A. Hölder. 502 pp.

MOHR H.D. (1978): Die Durchwurzelung von Böden in Abhängigkeit von wichtigen Bodeneigenschaften. – Kali-Briefe **14**: 103-113.

MOHR H.D. & T. HARRACH (1980): Durchwurzelung von Lössböden unterschiedlichen Erosionsgrades. – Z. Acker- u. Pflanzenbau **149**: 75-87.

MOLISCH H. (1883): Über das Längenwachstum geköpfter und unverletzter Wurzeln. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **1:** 362-366

MOLISCH H. (1883): Untersuchungen über den Hydrotropismus. – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber., Math.-Naturwiss. Kl. **88**, Abt.I: 897-943, 1 Tafel.

MOLISCH H. (1884): Über die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase (Aerotropismus). – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber., Math.-Naturwiss. Cl. **90**, Abt. I: 111-196, 1 Tafel.

MOLISCH H. (1887): Über Wurzelausscheidungen und deren Einwirkung auf organische Substanzen. – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber., Math.-Naturwiss. Cl. **96**, Abt. I: 84-109.

MOLISCH H. (1916): Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. – Jena: G. Fischer. (6. Auflage: 1930).

MOLISCH H. (1917): Über das Treiben von Wurzeln. – Akad. Wiss. Wien Sitzungsber., Math.-Naturwiss. Kl. **126**, Abt. I: 3-12, tt. I-II.

MOLISCH H. (1937): Der Einfluß einer Pflanze auf die andere. Allelopathie. – Jena: G. Fischer, 106 pp.

MUELLER I. M. & J. E. WEAVER (1942): Relative drought resistance of seedlings of dominant prairie grasses. – Ecology **23**: 387-398.

MYLIUS G. (1913): Das Polyderm. Eine vergleichende Untersuchung über die physiologischen Scheiden Polyderm, Periderm und Endodermis. – Biblioth. Bot. **79**: 119 pp., 2 Tafeln.

NÄGELI C. (1858): Ueber das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen und die Anordnung der Gefäßstränge im Stengel. – Beitr. Wiss. Bot. **1**: 1-156.

NÄGELI C. & H. LEITGEB (1868): Entstehung und Wachsthum der Wurzeln. – Beitr. Wiss. Bot. **4**: 73-160.

NĚMEC B. (1900): Über die Art der Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. –Ber. Deutsch. Bot. Ges. **18**: 241-245.

NĚMEC B. (1901): Der Wundreiz und die geotrope Krümmungsfähigkeit der Wurzeln. –Fünfstücks Beitr. Wiss. Bot. **4**: 186-217.

NĚMEC B. (1901): Über das Plagiotropwerden orthotroper Wurzeln. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **19**: 310-313.

NĚMEC B. (1901): Über die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. – Jahrb. Wiss. Bot. **36**: 80-178.

NĚMEC B. (1901): Über schuppenförmige Bildungen an den Wurzeln von *Cardamine amara*. – Vestr. Král. C.Spol. N. tr. II. 1901 (6): 1-14.

NĚMEC B. (1902): Die Perzeption des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **20**: 339-354.

NĚMEC B. (1904): Einiges über den Geotropismus der Wurzeln. – Beih. Bot. Centralbl. **17**: 45-60.

NĚMEC B. (1904): Über die Mycorrhiza bei *Calypogeia trichomanis*. – Beih. Bot. Centralbl. **16**: 253-268.

NĚMEC B. (1905): Über Regenerationserscheinungen an angeschnittenen Wurzelspitzen. Vorl. Mitt. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **23**: 113-120.

NĚMEC B. (1908): Einige Regenerationsversuche an *Taraxacum*-Wurzeln. – Wiener Festschrift: 207-215.

NĚMEC B. (1910): Der Geotropismus entstärkter Wurzeln. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. **28**: 107-112.

NĚMEC S. (1975): Mycoflora succession on strawberry roots developing root rot symptoms. – Mycopathologia **56**: 67-72.

NOORDWIJK M. van & J. FLORIS (1979): Loss of dry weight during washing and storage of root samples. – Plant and Soil **53**: 239-244.

OPITZ von BOBERFELD W. (1978): Zur serienmässigen Ermittlung der arten- und sortenspezifischen Wurzelmasse. – Z. Acker- u. Pfl.-bau **147**: 289-299.

OSKAMP J. & L.P. BATJER (1932): Size, production, and rooting habit of apple trees on different soil types in the Hilton and Morton Areas, Monroe County. – Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull. **55**: 1-45.

OSWALD H. (1919): Untersuchungen über die Einwirkung des Grundwasserstands auf die Bewurzelung von Wiesenpflanzen auf Moorböden. – Fühlings Landw. Ztg. **68**: 321, 370.

OUDEMANS C. A. J. A. (1854-56): Aantekeningen ophet systematischen pharmacognostisch-botanische gedeelte der Pharmacopoea neerlandica..., Ed. – Rotterdam: O. Petri.

PALLA E. (1889): Zur Anatomie der Orchideen-Luftwurzeln. - Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Cl. **98**, Abt. I.: 200-206, tt. I-II.

PANKOW H. & H. v. GUTTENBERG (1963): Der Bau des Wurzelscheitels von *Casuarina suberosa* OTTO et DIETR. - Öster. Bot. Z. **110**: 132-136.

PARTON W.J., J.S. SINGH & C.C. COLEMAN (1978): A model of production and turnover of roots in shortgrass prairie. - J. Appl. Ecol. **15**: 515-542.

PASCHER A. (1942: Über Wurzeldimorphismus (Körbchenwurzeln) bei *Gagea*. - Beih. Bot. Centralbl. **61**: 437-461.

PATE J. & K. DIXON (1982): Tuberous, cormous and bulbous plants. Biology of an adaptive strategy in Western Australia. - Nedlands: Univ. of Western Australia Press, XI, 268 pp.

PAVLYCHENKO T.K. (1937a): The soil-block washing method in quantitative root study. - Canad. J. Res. C. **15**: 33-57.

PAVLYCHENKO T.K. (1937b): Quantitative study of the entire root systems of weed and crop plants under field conditions. - Ecology **18**: 62-79.

PENGG C. (1997): Mikroskopische Identitätsprüfung einiger ausgewählten Arzneidrogen. - Diplomarbeit, Univ. Graz.

PERSSON H. (1978): Root dynamics in a young Scots pine stand in Central Sweden. - Oikos **30**: 508-519.

PERSSON H. (1980) Spatial distribution of fine-root growth, mortality and decomposition in a young Scots pine stand in Central Sweden. - Oikos **34**: 77-87.

PISTOHLKOR H. (1898): Root knowledge and plant production.

POLLE R. (1910): Über den Einfluss des Bodens auf die Wurzelentwicklung des Weizens und der Gerste im ersten Vegetationsstadium. - J. Landw. **58**: 297-344.

POOL R.J., WEAVER J. E. & F. C. JEAN (1918): Further studies in the ecotone between prairie and woodland. - Univ. (Nebr.) Studies **18**: 1-47.

POPOV K.P. (1973): On the distribution of the underground biomass along the profile of gray soils in phytocoenoses of South Tadjikistan. - Bot. Zh **58**: 1788-1794.

PORSCH O. (1908): *Orchidaceae*. In: WETTSTEIN R. & U. SCHIFFNER, Ergebnisse der bot. Exped. d. k. Akad. d. Wiss. nach Südbrasilien 1901. I. Band: *Pteridophyta* und *Athophyta*. - Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **79/I**: 92-167, tt. XI-XVIII.

PORSCH O. (1931): *Araceae*. I. Die Anatomie der Nähr- und Haftwurzeln von *Philodendron selloum* C. KOCH. Ein Beitrag zur Biologie der Epiphyten. - Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **79/II**: 389-454, tt. XXXIV-

PREISS B. (1806): Kritik, Revision und Beschreibung verschiedener Wurzeln von den sogenannten Giftpflanzen, welche im Salzburgischen wild wachsen. - Salzburg: F. X. Duyle, XIV, 112 pp. u. 1 p.

PREISS B. (1823): Rhizographie, oder Versuch einer Beschreibung und Eintheilung der Wurzeln, Knollen und Zwiebeln der Pflanzen, ihrer verschiedenen Lagen, Formen, Oberflächen, Gränzen und Nebentheile, nebst kurzen Betrachtungen über ihr Entstehen und Fortpflanzen, mit einigen anatomisch = physiologischen Bemerkungen. - Prag, 256 u. (15) pp.

PREISS B. (1844): Die Kartoffelpflanze, ihre unterirdischen Organe, ihre nutzbringende Cultur und die sich dieser bisweilen entgegenstellenden Krankheiten. - Leipzig.

PREISS B. (1850): Der Kurort Warmbrunn, seine warmen Schwefelquellen und die ihnen zugehörigen Heilanstalten. - Breslau: Goschorsky, Warmbrunn: Liebl, 261 p.

PRICE S.R. (1911): The roots of some north African desert-grasses. - New Phytol. **10**: 328-340.

PRODINGER M. (1909): Das Periderm der Rosaceen in systematischer Beziehung. - Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. **8**: 330-383, tt. I-IV.

RAUH W. (1937): Die Bildung von Hypokotyl- und Wurzelsprossen und ihre Bedeutung für die Wuchsformen der Pflanzen. - Nova Acta Leopoldina N. F. 4/24: 306-552.

RAUH W. (1978): Die Wuchs- und Lebensformen tropischer Hochgebirgsregionen und der Subantarktis. - Erdwiss. Forschungen (Wiesbaden) **11**: 62-92.

RITCHEY K.D., D.M.G. SOUZA, E LOBATO & O. CORREA (1980): Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah oxisol. - Agron. J. **72**: 40-44.

ROBERTSON W.K., L.C. HAMMOND, J.T. JOHNSON. & K.J. BOOTE. (1980): Effects of plant-water stress on root distribution of corn, soybeans, and peanuts in sandy soil. - Agron. J. **72**: 548-550.

ROGERS W.S. (1969): The East Malling root laboratories. - In: WHITTINGTON, W.J. (ed.): Root Growth, p. 361-376.

RUSSELL R. S. (1977): Plant root system: Their function and interaction with the soil. -London etc: Malgrew-Hill Bork Company. XIII, 298 pp.

SACHS J. (1860): Bericht über die physiologische Thätigkeit an der Versuchs-Station in Tharandt. II. Wurzel-Studien. - Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen **2**: 1-31.

SACHS J. (1874): Über das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. – Arbeiten. Bot. Inst. Würzburg **1**: 384-474, 585-634.

SAUERWEIN M. (1991): In-vitu-Technologie bei Arzneipflanzen zur Produktion von Sekundärstoffen. – PZ **136/49**: 9-17.

SCHADE Chr. & H. v. GUTTENBERG (1951): Über die Entwicklung des Wurzelvegetationspunktes der Monokotyledonen. – Planta **46**: 170-198.

SCHANTL A. -D. (1990): Phytochemische und Pharmakologische Untersuchung von Radix imperatoriae. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

SCHLEIDEN M. J. (1847): Beiträge zur Kenntnis der Sassaparille...– Arch. Pharm. 2, **52**: 25-64, tt. 1-2.

SCHMID G. (1979): Verfälschungen von Wurzel-Drogen des ÖAB 9 und deren mögliche toxische Auswirkungen nach der derzeitigen Kenntnis ihrer Inhaltsstoffe. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

SCHRÖDER D. (1952): Unterscheidungsmerkmale der Wurzeln einiger Moor- und Grünlandpflanzen nebst einem Schlüssel zu ihrer Bestimmung und einem Anhang für die Bestimmung einiger Rhizome. – Bremen: C. Schünemann, 112pp.

SCHROFF, C. D. (1853): Lehrbuch der Pharmacognosie. – Wien: W. Braumüller.

SCHUBART A. (1857): Ueber Wurzelbildung der Cerealien, beobachtet bei Ausspülungen derselben in verschiedenen Lebensperioden. Ueber das Tiefackern. Zwei Abhandlungen. – Leipzig.

SCHULTES R. E. & A. HOFMANN (1987): Pflanzen der Götter. Die magischen Kräfte der Rausch-und Giftgewächse. 2. Aufl. – Bern & Stuttgart: Hallweg Verlag, 191 pp.

SCHULZ-LUPITZ A. (1891): Über die Bewurzelung der landwirtschaftlichen Kulturgewächse und deren Bedeutung für den praktischen Ackerbau. –Jahrb. DLG. **6**: 78-84.

SCHULTZ-LUPITZ A. (1895): Zwischenfruchtbau auf leichtem Boden. – Arbeiten Deutsch.Landw.-Ges.**7**: 1-86.

SCHUURMAN J.J. (1947): Vergelijking van twee methoden van wortelonderzoek. – Verlag Institut Bodenfruchtbarkeit, Haren. 7 pp.

SCHUURMAN J.J. & M.A.J. GOEDEWAAGEN (1955): A new method for the simultaneous preservation of profiles and root systems. – Plant and Soil **6**: 373-381.

SCHUURMAN J. J. & M. A. J. GOEDEWAAGEN (1965): Methods for the examination of root systems and roots. – Wageningen: Pudoc. 2. Ed. : 1971

SCHWARZ F. (1883): Die Wurzelhaare der Pflanzen. – Untersuch. Bot. Inst. Tübingen **1**.

SHALYT M.S. (1960): Method of studying the morphology and ecology of the underground parts of individual plants and of plant communities. – Polevaya Geobot. **2**: 369-447.

SHEPPERD J.H. (1905): Root systems of some field crops. N.D. – Agr. Exp. Sta. **64**: 525-536.

SHIMIZU T. & M. UMEBAYASHI (1995): Underground organs of herbaceous Angiosperms. – Tokyo: Heibonsha Ltd. : 262 pp.

SHIVELY S. B. & J. E. WEAVER (1939): Amount of underground plant materials in different grassland climates. – Univ. Nebr. Cons. and Surv. Div. Bull. **21**: 68 pp.

SIEGERT I. & A. SIEGERT (1971): Register zu W. TROLL, Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen: Vegetationsorgane. – Koenigstein-Taurus: O. Koeltz, 190 pp.

SMITH S. E. & D. J. READ (1996): Mycorrhizal symbiosis. – 2. Aufl.-London: Acad. Press.

SOBOTIK M. (1982): Ökologische, morphologische, anatomische Untersuchungen am Beispiel einiger *Apiaceae*. – Diss. Universität Salzburg, 105 pp. (unveröffentlicht).

SOBOTIK M. (1989): Auf die Wurzel kommt es an. Bedeutung der Wurzelökologie für die praktische Landwirtschaft. – Der Förderungsdienst **37**: 174-177.

SOBOTIK M. (1991): Influence of environmental conditions on anatomical structures of roots of *Cirsium acaule*. – In: B. L. MCMICHAEL & H. PERSSON (Eds.), Plant roots and their environment. – Elsevier, Amsterdam: 366-373.

SOBOTIK M. (1991): Methoden wurzelanatomischer Untersuchungen für ein besseres Verständnis der Gesamtpflanze. – In: Methoden zur Erfassung sowie Bewertung von Wurzelparametern. – Mitteilungen des VAFB **3**: 54-59.

SOBOTIK M. (1992): Durchwurzelungsdichte und -tiefe unter Dauergrünland bei steigenden Gaben von Rindergülle und ihr Einfluß auf die Sickerwassermengen. – In: Bericht 2. Lysimetertagung Praktische Ergebnisse aus der Arbeit mit Lysimeter: 69-78.

SOBOTIK M. (1995): Einfluß der Gülle auf das Wurzelwachstum. – Blick ins Land **30/10**: 17-18.

SOBOTIK M. (1995): Klimatisch und genetisch bedingte Abhängigkeiten der Ausläufer- und Blühtriebbildung sowie der Wuchshöhe bei drei *Achillea*-Arten der Gruppe *Achillea millefolium*. – 7. Österr. Botanikertreffen 10.-13.6.1993, Neukirchen am Großvenediger.

SOBOTIK M. (1996): Auswirkung der Damwildhaltung auf die

Veränderung der botanischen Zusammensetzung der Weideflächen. – 9th meeting of the FAO working group for mountain pastures. Banska Bystrica (Slovakia), 20.-23th June 1996.

SOBOTIK M. (1996): Root conditions of the vegetation cover and their influence on soil condition. Grassland and land use systems. – 16th General Meeting of the European Grassland Federation, Grado, Italy, 15.-19.9.1996: 830-843.

SOBOTIK M. (1996): The anatomical root structure of *Kochia prostrata* (L.) SCHRAD. 4. ISRR-Symposium, Alma-Ata, 5.-11.9.1994. – Acta Phytogeogr. Suec. **81**: 48-52.

SOBOTIK M. (1996): Zusammenhang zwischen dem Wurzelwachstum ausgewählter Grünlandpflanzen und der Stabilität der Grasnarbe. Expertenforum: Erhaltung und Förderung der Grasnarbe. – BAL Gumpenstein, 5.-6.9.1996: 13-18.

SOBOTIK M. (1997): Pflanzenbestände in Sproß und Wurzel - Einfluß des Menschen. – Festschrift 50 Jahre BAL Gumpenstein: 185-192.

SOBOTIK M. & K. BARMICHEVA (im Druck): Einfluß von Schadstoffen auf den Bau von Wurzelspitzen. – Acta f.r.n. Univ. Comen. – Physiol. Pl.

SOBOTIK M. & G. EDER (1991): The effects of increasing amounts of cattle slurry on thinning of the sward, root distribution and nitrate leaching losses in grassland. – In: Grassland renovation and weed control in Europe, Proceedings. – BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning: 243-247.

SOBOTIK M & M. KAIMBACHER (1983): Wurzelschäden an Waldbäumen und Gräsern durch SO_2 Immission, Wurzelökologie und ihre Nutzanwendung. – Int. Symp. Gumpenstein: 769-774.

SOBOTIK M. & Ch. POPPELBAUM (1995): Vegetationskundliche und wurzelökologische Untersuchungen auf Weideflächen der Nordtiroler Kalkalpen. – FBVA-Berichte **87**: 177-192.

SOBOTIK M. & Ch. POPPELBAUM (im Druck): Vegetational and root-ecological investigations on forest pasturing and pure pasturing areas of the Northern Tyrolean Limestone Alps. – Phyton.

SOLAR F. & E. LICHTENEGGER (1981): Ertragsbildung und Ertragsfaktoren in der alpinen Standortscatena. Möglichkeiten und Grenzen intensiver Grünlandwirtschaft. – Mitt. Österr. Bot. Ges. **3**, SH: 166-199.

SOLEREDER H. (1899): Systematische Anatomie der Dicotyledonen. – Stuttgart: F. Enke. XII, 984 pp.

SPEIDEL B. & A. WEISS (1974): Untersuchungen zur Wurzelaktivität unter einer Goldhaferwiese. – Angew. Bot. **48**: 137-154.

STEINWENDER R. & M. SOBOTIK (1996): Abschlußbericht Projekt AL-R 4/81 und AL-PS 1/81, Alternative Bewirtschaftung eines Grünland-Güllebetriebes. – Bericht für BM, nicht veröffentlicht, 110 S.

STEINWENDER R., SCHREMPF W. & M. SOBOTIK (1990): Damtierhaltung als Alternativproduktion, Alternative Formen der Tierhaltung im Grünlandgebiet und deren Wirtschaftlichkeit. – Veröffentlichungen, Heft 13, BAL Gumpenstein: 47-78.

THIEL H. (1870): Ueber die Bewurzelung einiger unserer Culturpflanzen. – Z. Landw. Vereine Großherzogth. Hessen **37**: 323-327, 332-336.

THIEL H. (1892): Anleitung zu Wurzelstudien. – Mitt. Deutsch. Landw.-Ges. **7**: 75-76.

TOBEY R. C. (1981): Saving the prairies: The life cycle of the founding school of American plant ecology, 1895-1955. – Univ. Calif. Press.

TROLL W. (1930): Über die sogenannten Atemwurzeln von Mangroven. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. 48: 81-99

TROLL W. (1935): Wurzeln. – In: DITTLER R. [ital.], Handwörterbuch der Naturwissenschaften **10**, 2. Aufl.: 682-702.

TROLL W. (1943): Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. – Bd. 1/3: 2005-2736.

TROLL W. (1949): Über die Grundbegriffe der Wurzelmorphologie. – Oesterr. Bot. Z. **96**: 444-452.

TROUGHTON A. (1957): The underground organs of herbage grasses. – Commonw. Bur. Past Fld. Crops, Hurley. 163 pp.

TROUGHTON A. (1962): The roots of temperate cereals wheat, barley, oats and rye. – Commonw. Bur. Past. Fld. Crops, Hurley. 91 pp.

TROUGHTON A. (1978): The influence of reproductive development upon the root system of perennial ryegrass and some effects upon herbage production. – J. Agr. Sci. **91**: 427-432.

TSCHIRCH A. & O. OESTERLE (1893-1900): Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde, 17 Lieferungen. – Leipzig: T. O. Weigel Nachf.

ULLRICH S. (1991): Untersuchung über das Vorkommen von Schleimpolysacchariden in Radix Epilobii angustifolii. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

UPCHURCH D. R. & J. T. RITCHIE (1983): Root observations using a video recording system. – Agron. J. **75**: 1009-1015.

VETTER H. & S. SCHARAFAT (1964): Die Wurzelverbreitung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Unterboden. – Z. Acker- Pflanzenbau **120**: 275-298.

VOGL A. E. (1863): Beiträge zur Anatomie und Histologie der unterirdischen Theile von *Convolvulus arvensis* LINNÉ. – Verh. K. K. Zool.- Bot. Ges. Wien **13**: 257-300, tt. VI-VIII.

VOGL A. E. (1863): Über die Intercellularsubstanz und die Milchsaftgefässe in der Wurzel des gemeinen Löwenzahns. – Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss.Cl. **48/II**. Abth.: 668-690, tt. I-II.

VOGL A. E. (1864): Zur näheren Kenntniss der Turbithwurzel des Handels und ihrer Harze. – Z. K. K. Ges. Ärzte Wien Mediz. Jahrb. **20/1**: 25-42.

VOGL A. E. (1865): Histologische Studien über den Bau und die chemische Zusammensetzung der Seifenwurzeln (Radices Saponariae). – Z. Allgem. Österr. Apoth.-Vereines **3**: 460-466.

VOGL A. E. (1866): Über das Vorkommen von Gerb- und verwandten Stoffen in unterirdischen Pflanzentheilen. – Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Cl. **53/II**. Abt.: 156-183.

VOGL A. E. (1868): Zur Naturgeschichte der Krappwurzel. – Wiener Landw. Zeitung 1868: 395-397.

VOGL A. E. (1870): Sassaparila-Diagnosen. – Z. Allgem. Österr. Apoth.-Vereines **8**: 537-543.

VOGL A. (1887): Anatomischer Atlas zur Pharmakognosie. – Wien & Leipzig: Urban & Schwarzenberg. 121 pp. (60 Tafeln im Holzschnitt).

VOGL A. E. (1894): Pharmakognostische Beiträge. II. Ueber Verunreinigung der käuflichen Radix Hydrastis mit fremden Wurzeln. – Pharm. Post **27**: 484.

VOGL A. E. (1899): Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel mit besonderer Berücksichtigung der mikroskopischen Untersuchung auf ihre Echtheit, ihre Verunreinigungen und Verfälschungen. – Wien & Berlin: Urban & Schwarzenberg.

VOGL A. E. (1904): Ueber Radix Saniculi der Apotheken. – Z. Allgem. Österr. Apoth.-Vereines Wien **42**: 501-506, 529-537.

VOIGT J. & J. E. WEAVER (1951): Range condition classes of native midwestern pasture; an ecological analysis. – Ecol. Monogr. **21**: 39-60.

VRIES H. de (1880): Ueber die Contraction der Wurzeln. – Landw. Jahrb. **9**: 37-80.

WAGNER P. (1870): Ueber Land- und Wasserwurzeln. – J. Landw. **18**: 103-110.

WAGNER P. & W. ROHN (1880): Beiträge zur Begründung und Ausbildung einer exakten Methode der Düngungsversuche. – J. Landwirtschaft **28**: 9-57.

WAISEL Y., A. ESHEL & U. KAFKAFI (eds.) (1996): Plant roots: the hiddenhalf. – New York, Basel, Hong Kong: M. Dekker, Inc. XVI, 1002 pp.

WANG X. L., M. E. MC CULLY & M. J. CANNY (1994): Structure and function of roots. Proc. 4th Int. Symb. Stará Lesná, Slovakia.

WANG X. L., M. E. MC CULLY & M. J. CANNY (1994): The branch roots of *Zea* IV. The maturation and openness of xylem conduits in first-order branches of soil-grown roots. – New Phytol. **126**: 21-29.

WASICKY R. (1936): Leitfaden für die Pharmakognostischen Untersuchungen im Unterricht und in der Praxis. I. Teil, 257 pp II Teil. Wien: F. Deuticke, VIII + 420 + 2 pp, 2 Tafeln. II. T.: Wurzeldrogen: 222-307.

WEAVER J. E. (1914): Evaporation and plant succession in southeastern Washington and adjacent Idaho. – Pl. World **17**: 273-294.

WEAVER J. E. (1915): A study of the root - systems of prairie plants of southeastern Washington. – Pl. World **18**: 227-248; 273-292.

WEAVER J. E. (1916): The effects of certain rusts upon the transpiration of their hosts. Minn. – Bot. Studies **4**: 379-408.

WEAVER J. E. (1917): A study of the vegetation of southeastern Washington and adjacent Idaho. – Univ. (Nebr.) Studies **17**: 1-133.

WEAVER J. E. (1918): The quadrat method in teaching ecology. – Pl. World **21**: 267-283.

WEAVER J. E. (1919): The ecological relation of roots. – Publ. Carnegie Inst. Wash. No. **286**, 128 pp.

WEAVER J. E. (1920): Root development in the grassland formation. – Publ. Carnegie Inst. Wash. No. **292**, 151pp.

WEAVER J. E. (1924): Plant production as a measure of environment: a study in crop ecology. – J. Ecol. **12**: 205-237.

WEAVER J. E. (1925): Investigations on the root habits of plants. – Amer. J. Bot. **12**: 502-509.

WEAVER J. E. (1926): Root development of field crops. – McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 291pp.

WEAVER J. E. (1927): Some ecological aspects of agriculture in the prairie. – Ecology **8**: 1-17.

WEAVER J. E. (1930): Underground plant development in relation to grazing. – Ecology **11**: 543-557.

WEAVER J. E. (1931): Who's who among prairie grasses. – Ecology **12**: 623-632.

WEAVER J. E. (1935): Measurement of runoff and soil erosion by a single investigator. – Ecology **16**: 1-12.

WEAVER J. E. (1940): Deterioration of midwestern ranges. – Ecology **21**: 216-236.

WEAVER J. E. (1941): Regeneration of native midwestern pastures under protection. – Univ. Nebr. Cons. and Surv. Div. Bull. **23**: 91 pp.

WEAVER J. E. (1942): Competition of western wheat grass with relict vegetation of prairies. – Amer. J. Bot. **29**: 366-372.

WEAVER J. E. (1943): Replacement of true prairie by mixed prairie in eastern Nebraska and Kansas. – Ecology **24**: 421-434.

WEAVER J. E. (1944): North American prairie. – Amer. Scholar **13**: 329-339.

WEAVER J. E. (1944): Recovery of midwestern prairies from drought. – Proc. Amer. Philos. Soc. **8**: 125-131.

WEAVER J. E. (1946): Annual increase of underground materials in range grasses. – Ecology **27**: 115-127.

WEAVER J. E. (1946): Length of life of roots of ten species of perennial range and pasture grasses. – Pl. Physiol. **21**: 201-217.

WEAVER J. E. (1947): Rate of decomposition of roots and rhizomes of certain range grasses in undisturbed prairie soil. – Ecology **28**: 221-240.

WEAVER J. E. (1948): Changes in vegetation and production of foreage resulting from grazing lowland prairie. – Ecology **29**: 1-29.

WEAVER J. E. (1949): Soil-root relationships of certain native grasses in various soil types. – Ecol. Monogr. **19**: 303-338.

WEAVER J. E. (1950): Effects of different intensities of grazing on depth and quantity of roots of grasses. – J. Range Managem. **3**: 100-113.

WEAVER J. E. (1950): Stabilization of midwestern grasslands. – Ecol. Monogr. **20**: 251-270.

WEAVER J. E. (1954): A seventeen-year study of plant succession in prairie. – Amer. J. Bot. **41**: 31-38.

WEAVER J. E. (1954): North American Prairie. – Johnsen Pub. Co., Lincoln, Nebr., 348 pp.

WEAVER J. E. (1958): Classification of root systems of forbs of grassland and a consideration of their signifiance. – Ecology **39**: 393-401.

WEAVER J. E. (1958): Native grasslands of southwestern Iowa. – Ecology **39**: 733-750.

WEAVER J. E. (1958): Summary and interpretation of underground development in natural grassland communities. – Ecol. Monogr. **28**: 55-78.

WEAVER J. E. (1960): Comparison of vegetation of the Kansas-Nebraska drift loess hills and loess plains. – Ecology **41**: 73-88.

WEAVER J. E. (1960): Extent of communities and abundance of the most common grasses in prairie. – Bot. Gaz. **122**: 25-33.

WEAVER J. E. (1960): Floodplain vegetation of the central Missouri Valley and contacts of woodland with prairie. – Ecol. Monogr. **30**: 37-64.

WEAVER J. E. (1961): Return of midwestern grassland to its former composition and stabilization. – Occas. Pap. Adams Center Ecol. Stud. **3**: 1-15.

WEAVER J. E. (1961): The living network in prairie soils. – Bot. Gaz. **123**: 16-28.

WEAVER J. E. (1963): The wonderful prairie sod. – J. Range Managem. **16**: 165-171.

WEAVER J. E. (1965): Native vegetation of Nebraska. – University of Nebraska Press, Lincoln, 185pp.

WEAVER J. E. & F. W. ALBERTSON (1936): Effects of the great drought on the prairies of Iowa, Nebraska and Kansas. – Ecology **17**: 567-639.

WEAVER J. E. & F. W. ALBERTSON (1939): Major changes in grassland as a result of continued drought. – Bot. Gaz. **100**: 576-591.

WEAVER J. E. & F. W. ALBERTSON (1940): Deterioration of grassland from stability to denudation with decrease in soil moisture. – Bot. Gaz. **101**: 598-624.

WEAVER J. E. & F. W. ALBERTSON (1943): Resurvey of grasses, forbs and underground plant parts at the end of the great drought. – Ecol. Monogr. **13**: 64-117.

WEAVER J. E. & F. W. ALBERTSON (1944): Nature and degree of recovery of grassland from the great drought of 1933 to 1940. – Ecol. Monogr. **14**: 393-479.

WEAVER J. E. & F. W. ALBERTSON (1956): Grasslands of the great Plains, their nature and use. – Johnsen Pub. Co., Lincoln, Nebr., 395 pp.

WEAVER J. E. & W. E. BRUNER (1927): Root development of -vegetable crops. – McGraw-Hill Book Co., New York. 351pp.

WEAVER J. E. & W. E. BRUNER (1945): A seven-year quantitative study of succession in grassland. – Ecol. Monogr. **15**: 297-319.

WEAVER J .E. & W. E. BRUNER (1948): Prairies and pastures of the dissected loess plains of central Nebraska. – Ecol. Monogr., 18: 507-549.

WEAVER J. E. & W. E. BRUNER (1954): Nature and place of transition from true prairie to mixed prairie. – Ecology **35**: 117-126.

WEAVER J. E. & F. E. CLEMENTS (1929): Plant ecology. – Mc-Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 520 pp.

WEAVER J. E. & F. E. CLEMENTS (1938): Plant ecology, 2nd edition. – McGraw- Hill Book Co. Inc., New York, 601 pp.

WEAVER J .E. & J. W. CRIST (1922): Relation of hardpan to root penetration in the Great Plains. – Ecology **3**: 237-249.

WEAVER J. E. & J. W. CRIST (1924): Direct measurement of water loss from vegetation without disturbing the normal structure of the soil. – Ecology **5**: 153-170.

WEAVER J. E. & R. W. DARLAND (1944): Grassland patterns in 1940. – Ecology **25**: 202-215.

WEAVER J. E. & R. W. DARLAND (1945): Yields and consumption of foreage in three prairie types: an ecological analysis. – Nebr. Cons. Bull. **27**: 76 pp.

WEAVER J .E. & R. W. DARLAND (1947): A method of measuring vigor of range grasses. – Ecology **28**: 146-162.

WEAVER J. E. & R. W. DARLAND (1949): Quantitative study of root systems in different soil types. – Science **110**: 164-165.

WEAVER J. E. & T. J. FITZPATRICK (1932): Ecology and relative importance of the dominants of tall-grass prairie. – Bot. Gaz. **93**: 113-150.

WEAVER J. E. & T. J. FITZPATRICK (1934): The prairie. – Ecol. Monogr. **4**: 109-295.

WEAVER J. E. & E. L. FLORY (1934): Stability of climax prairie and some environmental changes resulting from breaking. – Ecology **15**: 333-347.

WEAVER J. E. & W. W. HANSEN (1939): Increase of *Sporobolus cryptandrus* in pastures of eastern Nebraska. – Ecology **20**: 374-381.

WEAVER J. E. & W. W.HANSEN (1941): Native midwestern pastures: their origin, composition, and degeneration. – Univ. Nebr. Cons. and Surv. Div. Bull. **22**: 93 pp.

WEAVER J. E. & G. W. HARMON (1935): Quantity of living plant materials in prairie soils in relation to runoff and soil crosion. – Univ. Nebr. Cons. and Surv. Div. Bull. **8**, 53 pp.

WEAVER J. E. & J. W. HIMMEL (1929): Relation between the development of root system and shoot under long- and short-day illumination. – Pl. Physiol. **4**: 435-457.

WEAVER J. E. & J. W. HIMMEL (1930): Relation of increased water content and decreased aeration to root development in hydrophytes. – Pl. Physicol. **5**: 69-92.

WEAVER J. E. & J. W. HIMMEL (1931): The environment of the prairie. – Univ. Nebr. Cons. and Surv. Div. Bull. **5**: 1-50.

WEAVER J. E. & V. H. HOUGEN (1939): Effect of frequent clipping on plant production in prairie and pasture. – Amer.Midl.Naturalist **21**: 396-414.

WEAVER J. E. & J. KRAMER (1932): Root systems of *Quercus macrocarpa* in relation to the invasion of prairie. – Bot. Gaz. **96**: 51-85.

WEAVER J. E. & J. KRAMER (1935): Relative efficiency of roots and tops of plants in protecting the soil from erosion. – Science **82**: 354-355.

WEAVER J. E. & A. MOGENSEN (1919): Relative transpiration of coniferous and broadleaved trees in autumn and winter. – Bot. Gaz. **68**: 393- 424.

WEAVER J. E. & I. M. MUELLER (1942): Role of seedlings in recovery of midwestern ranges from drought. – Ecology **23**: 275-294.

WEAVER J. E. & W. C. NOLL (1935): Comparison of runoff and erosion in prairie, pasture and cultivated land. – Univ. Nebr. Cons. and Surv. Div. Bull. **11**: 37 pp.

WEAVER J. E. & N. W. ROWLAND (1952): Effects of excessive mulch on development, yield, and structure of native grassland. – Bot. Gaz. **114**: 1-19.

WEAVER J. E. & A. F. THIEL (1917): Ecological studies in the tension zone between prairie and woodland. – Bot. Surv. Nebr. N. s. **1**: 1-60.

WEAVER J. E. & G. W. TOMANEK (1951): Ecological studies in a midwestern range: the vegetation and effects of cattle on its composition and distribution. – Univ. Nebr. Cons. and Surv. Div. Bull. **11**, 82 pp.

WEAVER J. E. & J. VOIGT (1950): Monolith method of root-sampling in studies on succession and degeneration. – Bot. Gaz. **111**: 286-299.

WEAVER J. E. & E. ZINK (1945): Extent and longevity of the seminal roots of certain grasses. – Pl. Physiol. **20**: 359-379.

WEAVER J. E., HANSON H. C. & J. M. AIKMAN (1925): Transect method of studying woodland vegetation along streams. – Bot. Gaz. **80**: 168.187.

WEAVER J. E., HOUGEN V. H. & M. D. WELDON (1935): Relation

of root distribution to organic matter in prairie soils. – Bot. Gaz. **96**: 389-420.

WEAVER J. E., JEAN F. C. & J. W. CRIST (1922): Development and activities of roots of crop plants. – Publ. Carnegie Inst. Wash. No. **316**, 117 pp.

WEAVER J. E., KRAMER J. & M. REED (1924): Development of root and shoot of winter wheat under field environment. – Ecology **5**: 26-50.

WEAVER J. E., ROBERTSON J. H. & R .L. FOWLER (1940): Changes in true prairie during drought as determined by list quadrats. – Ecology **21**: 357-362.

WEAVER J. E., STODDART L. A. & W. NOLL (1935): Response of the prairie to the great drought of 1934. – Ecology **16**: 612-629.

WEBER C.A. (1902): Der Duwock (*Equisetum palustre* L.). – Arb. D.L.G. 72.

WEBER H. (1936): Vergleichend-morphologische Studien über die sproßbürtige Bewurzelung. – Nova Acta Leop. **4** (21): 229-298.

WEBER H. (1953): Die Bewurzelungsverhältnisse der Pflanzen. – Freiburg. 132 pp.

WEHSARG O. (1935): Wiesenunkräuter. Berlin. 149 pp.

WEISS J. E. (1880): Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln. – Flora **63**: 8 ff., 97 ff., 113 ff.

WELLER F. (1965): Die Ausbreitung der Pflanzenwurzeln im Boden in Abhängigkeit von genetischen und ökologischen Faktoren. – Arbeiten Landw. Hochsch. Hohenheim **32**. 123 pp. Stuttgart, E. Ulmer.

WISSELING H. L. van (1926): Beitrag zur Kenntnis der inneren Endodermis. – Planta **2**: 27.

ZARFL J. (1986): Zur dünnschichtchromatographischen und mikroskopischen Charakterisierung von Wurzeldrogen, die 1985 zur Aufnahme in die österreichische Arzneitaxe vorgesehen waren. – Diplomarbeit, Univ. Graz.

ZEDLER J. H. (1749): Grosses vollständiges Universal-Lexicon. Band **60** – Leipzig & Halle.